



# Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2010:12

## Tungmetaller i marken vid träimpregnering i Hede, Härjedalen

*Heavy metals in the soil at wood preservation site in Hede, Härjedalen*



Foto: Linda Bylund

**Linda Bylund**





# Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2010:12

## Tungmetaller i marken vid träimpregnering i Hede, Härjedalen

*Heavy metals in the soil at wood preservation site in Hede, Härjedalen*

**Linda Bylund**

### Nyckelord / Keywords:

Tungmetaller, markföroreningar, marksanering, träimpregnering, CCA, arsenik, koppar, krom, Natura 2000

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2010

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forestry*

Miljöövervakningsprogrammet / *Master of Science with a major in Soil Science / Biology and Environmental Studies*

Examensarbete i markvetenskap / *Master of Science thesis, EX0479, 30 hp, avancerad D*

Handledare / *Supervisor:* Tord Magnusson

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel/ *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Extern handledare / *Supervisor:* Maria Ed, Länsstyrelsen i Jämtlands län

The County Administration Board for Jämtland County

Examinator / *Examiner:* Ulf Skyllberg

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## **Förord**

Denna provtagning har utförts på uppdrag av Härjedalens Träförädling AB i Hede, i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå samt Länsstyrelsen i Jämtlands län. Dialog har även förts med Härjedalens kommun som varit tillsynsmyndighet för projektet. Undersökningen har genomförts av Linda Bylund som ett examensarbete på 30 högskolepoäng, för erhållande av ”Filosofie magisterexamen i markvetenskap med miljöinriktning”, vid skogsvetenskapliga fakulteten på SLU i Umeå.

# Innehållsförteckning

## Sammanfattning

## Abstract

<b>1.</b>	<b>Bakgrund.....</b>	<b>7</b>
1.1.	Träimpregnering och föroreningsproblematik .....	7
1.2.	MIFO-metodiken .....	7
1.3	Exponeringsvägar och riktvärden .....	7
1.4	Ljusnan - ett Natura 2000-område .....	8
1.5	Grundvattenförekomst .....	9
<b>2.</b>	<b>Föroreningar kopplade till träimpregnering .....</b>	<b>10</b>
2.1	Mobilitet i marken .....	10
2.2	Arsenik .....	11
2.3	Koppar .....	11
2.4	Krom .....	11
2.5	Zink .....	12
2.6	Kobolt .....	12
2.7	Dioxiner .....	12
<b>3.</b>	<b>Syfte .....</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>Material och metoder.....</b>	<b>15</b>
4.1	Områdesbeskrivning.....	15
4.2	Undersökningens omfattning .....	16
4.3	Provtagning .....	16
4.4	Genomförande.....	17
4.5	XRF-analyser .....	19
4.6	Laboratorieanalyser .....	20
<b>5.</b>	<b>Databearbetning.....</b>	<b>22</b>
5.1	LOD och XRF-medelvärden .....	22
5.2	Kalibrering av XRF-data .....	22
<b>6.</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>24</b>
6.1	Arsenik, koppar och krom (CCA) .....	24
6.2	Zink och kobolt .....	29
6.3	Dioxiner .....	29
6.4	pH och TOC .....	29
6.5	Betonggrund.....	30
<b>7.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>31</b>
7.1	Liknande undersökningar.....	31
7.2	HT:s situation .....	31
7.3	Åtgärdsförslag .....	32
7.4	Alternativ till deponering.....	33
7.5	Felkällor i undersökningen.....	34

<b>8.</b>	<b>Riskklassning enligt MIFO-metodiken .....</b>	<b>35</b>
<b>9.</b>	<b>Tillkännagivande .....</b>	<b>36</b>
	<b>Referenser .....</b>	<b>37</b>

**Bilagor:**

- 1: Jordartskarta
- 2: Karta - Natura 2000-område och grundvattenförekomst
- 3: Provpunktskarta
- 4a: Uppmätta halter av tungmetaller (arsenik, koppar och krom)
- 4b: Uppmätta halter av tungmetaller (zink och kobolt)
- 5: Uppmätta halter av dioxiner
- 6: Uppmätta pH- och TOC-värden
- 7: Resultat förorenad mark
- 8: Riskbedömning enligt MIFO
- 9: Bilder på provgropar
- 10: Okulär beskrivning av provgropar

## Sammanfattning

Förorenad mark som konsekvens av gamla träimpregneringsanläggningar är vanligt förekommande i Sverige. Situationen i landet utgör idag ett miljöhot och alltmer resurser satsas på undersökning och sanering av förorenade områden. På fastigheten Hede kyrkby 79:1 i Hede har Härjedalens Trä AB under senare delen av 1900-talet bedrivit impregneringsverksamhet i form av tryckimpregnering. Impregneringen är idag nedlagd och fastigheten ägs istället av företaget Härjedalens Träförädling AB, som har specialiserat sig på förädling av sågat virke genom hyvling och tillkapning.

Ett fåtal prover har under år 2007 tagits på området av Härjedalens kommun, vilka visar på förekomster av tungmetaller (arsenik, koppar, krom) i markytan överskridande Naturvårdsverkets riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM). Syftet med denna undersökning var att vidare utreda föroreningsbilden på Härjedalens Träförädling AB, genom att ta reda på vilka föroreningar (ämnen och halter) som förekommer på området, samt dess utbredning yt- och djupmässigt. Undersökningen gjordes enligt MIFO-metodikens fas 2 och utformades som en provtagning i grävmaskinsgropar. Analyser av jordproverna gjordes med XRF-instrument direkt i fält, dessutom skickades ett urval av proverna till laboratorieanalys. XRF-resultaten kalibrerades sedan mot laboratorieresultaten för att bli så korrekta som möjligt.

Resultaten av provtagningen visar att föroreningshalterna kring impregneringsbyggnaden är mycket höga, men avtar relativt snabbt i horisontell riktning. Hur djupt ner föroreningarna har spridit sig under byggnaden ger denna undersökning inte tillräckliga uppgifter om, varför ovisshet kvarstår om huruvida grundvattnet kan ha blivit förorenat. Har så skett finns också risken att föroreningarna nått eller kommer att nå den närliggande älven Ljusnan, vilken är klassad som ett Natura 2000-område. Vidare finns det även föroreningar i övre marklagret på några platser, huvudsakligen där virkesupplagen tidigare legat.

De absolut högsta föroreningshalterna uppmättes i markytan i punkt 9 och var för arsenik ca 8700 mg/kgTS, för koppar ca 9500 mg/kgTS och för krom ca 19600 mg/kgTS. Trots dessa höga halter är det positivt ur såväl miljömässig som ekonomisk synvinkel att föroreningarna ligger relativt koncentrerade kring impregneringsbyggnaden och inte verkar ha spridit sig så långt. Därmed behöver en framtida sanering troligen inte bli alltför omfattande, varken area- volyms- eller kostnadmässigt. Skulle det visa sig att grundvattnet blivit förorenat blir dock situationen genast mer komplex och eventuella nödvändiga saneringsåtgärder kan öka i skala.

Nyckelord:

Tungmetaller, markföroreningar, marksanering, träimpregnering, CCA, arsenik, koppar, krom, Natura 2000



## Abstract

Soil contamination at abandoned wood preservation sites are common in Sweden today. As the situation constitutes an environmental threat, an increasing amount of resources are dedicated to investigation and remediation of contaminated areas. On the property Hede kyrkby 79:1 in Hede, the former company Härjedalens Trä AB has performed preservation of wood through pressure-treatment in the late decades of the 20<sup>th</sup> century. Today the preservation activity has come to an end and the property is now owned by the company Härjedalens Träförädling AB, whose business instead is specialized in sawn timber products that are refined by planing and length adjustment.

In 2007 a few soil samples were taken in the area by the district authority of Härjedalen, which revealed heavy metal concentrations exceeding the threshold value set by the Swedish Environmental Protection Agency. The aim of this investigation was to further examine contaminant concentrations and the extent of their areal and depth distribution. The investigation was designed as a sampling from pits made with an excavator. It followed the protocol in phase 2 of the Swedish MIFO methodology. Analysis of the soil samples was done immediately with a portable XRF instrument. Furthermore, a selection of samples was sent for laboratory analysis. The XRF results then were calibrated against the laboratory results to achieve the highest possible correctitude.

The results of the investigation show that the contaminant concentrations around the preservation building is very high, but decreases rather quickly in horizontal direction. There is, however, insufficient information about the depth to which the contaminants have spread. Therefore, it is not possible to exclude the possibility of groundwater contamination. If it turns out that the groundwater is contaminated, there is also a risk that the pollutants have reached the river Ljusnan, which is classified as a Natura 2000 area. Furthermore, there are also minor concentrations of contaminants in the upper soil layer in some places, mainly where the treated sawn timber have been stored.

The completely highest contamination concentrations were found at the soil surface of pit number 9, and reached about 8700 mg/kg d.m. for arsenic, 9500 mg/kg d.m. for copper and 19600 mg/kg d.m. for chromium. Despite these high values, it is positive both economically and environmentally that the contaminants are located relatively close to the preservation building and does not seem to have spread very far away. Probably a future remediation therefore does not need to be too comprehensive according to neither area nor volume or economy. Though, if it turns out that the groundwater has been contaminated, the situation will become more complex at once, and possible remediation efforts needed might expand.

Keywords:

Heavy metals, soil pollution, soil remediation, wood preservation, CCA, arsenic, copper, chromium, Natura 2000

# 1. Bakgrund

## 1.1 Träimpregnering och föroreningsproblematik

Träimpregneringsanläggningar är vanligt förekommande i Sverige. Även om flertalet numera är nedlagda så kvarstår på många ställen förorenad mark som en konsekvens av verksamheten. Då situationen i landet utgör ett miljöhot satsas det alltmer resurser på undersökning och sanering av förorenade områden (Juvonen 2004). På fastigheten Hede kyrkby 79:1 i Hede har impregneringsverksamhet i form av tryckimpregnering bedrivits av företaget Härjedalens Trä AB (förkortas HT) från mitten av 1970-talet fram till slutet av 90-talet. Produkter som använts är bl.a. Rentokil P 50 som innehåller koppar och krom, samt Rentokil K33 som innehåller arsenik, koppar och krom. Impregneringen är nu nedlagd sedan ett drygt decennium tillbaka och idag ägs fastigheten istället av företaget Härjedalens Träförädling AB, som är specialiserade på förädling av sågat virke genom hyvling och tillkapning. Ett fåtal prover har under år 2007 tagits på området av Härjedalens kommun, vilka visar på förekomster av koppar, krom och arsenik (förkortas CCA) i markytan överskridande Naturvårdsverkets gränsvärden för mindre känslig markanvändning, MKM (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008b; Lantmäteriet 2009a; 2009b).

## 1.2 MIFO-metodiken

Ett förorenat område är enligt Naturvårdsverket ”en deponi, mark, grundvatten eller sediment som är så förorenat av en punktkälla att halterna påtagligt överskrider lokal/regional bakgrundshalt”. För att kunna göra likartade inventeringar och bedömningar av sådana områden över hela landet har verket tagit fram en särskild metodik. Den kallas MIFO (Metodik för Inventering av Förorenade Områden) och kan användas av både länsstyrelser och andra som utför miljötekniska markundersökningar.

MIFO-metodiken möjliggör indelning av de förorenade områdena i riskklasser och utgörs av två olika faser. I fas 1, ”orienterande studier”, görs en grundlig faktainsamling om den aktuella platsens verksamhet, historia, geografiska läge osv. Detta görs med hjälp av t.ex. kart- och arkivstudier, platsbesök och intervjuer, med syfte att skapa en överblick. Utifrån informationen som framkommer görs en första riskklassning. De mest akuta objekten prioriteras vidare till fas 2 där en översiktlig miljöteknisk markundersökning genomförs. Utifrån provtagningens resultat vägs faktorerna ”föroreningsnärheten”, ”föroreningsnivå”, ”spridningsförutsättningar” samt ”områdets känslighet och skyddsvärde” samman. Objektet bedöms sedan till en riskklass mellan 1 och 4, vilket får ligga till grund för eventuella saneringsåtgärder eller åtgärdsförberedande undersökningar. (Naturvårdsverket 2002).

## 1.3 Exponeringsvägar och riktvärden

Människor som befinner sig inom förorenade markområden kan få i sig föroreningar t.ex. genom inandning av damm som fastnar i svalget eller genom att förorenad jord stoppas direkt i munnen. Barn antas löpa större risk än vuxna att få i sig föroreningar på det sistnämnda sättet. En annan möjlig exponeringsväg är via hudkontakt med den förorenade jorden. Hur mycket föroreningar som tas upp av kroppen i de olika fallen beror på saker som antal exponeringstillfällen, exponeringstid,

föroreningskoncentration i jord eller dammpartiklar, samt mängd jord som tas in i munnen eller storleken på den exponerade hudytan (Naturvårdsverket 2009).

Naturvårdsverket har tagit fram generella riktvärden för vilka halter av förorenande ämnen som får förekomma på olika sorters områden. För områden med ”känslig markanvändning” (KM), t.ex. bostadsområden, är riktvärdena lägre än för områden med ”mindre känslig markanvändning” (MKM), t.ex. industriområden. Vid föroreningshalter under riktvärdena förväntas inga skadliga effekter på människor och miljö. Dock innebär ett överskridande av riktvärdet inte nödvändigtvis att skadliga effekter uppstår. Riktvärdena är rekommendationer och ej juridiskt bindande (Naturvårdsverket 2009). HT:s område är klassat som industriområde (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008b) och därför jämförs provresultaten i denna undersökning med Naturvårdsverkets gränsvärden för mindre känslig markanvändning (MKM).

## 1.4 Ljusnan - ett Natura 2000-område

Natura 2000 är ett nätverk av tusentals skyddsvärda naturområden som byggs upp inom EU med syftet att medlemsländerna gemensamt ska bidra till att bevara jordens biologiska mångfald. Nätverket bygger på två naturvårdsdirektiv från EG, nämligen Art- och habitatdirektivet samt Fågeldirektivet (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008a). I Sverige är det enligt 7 kap 28 a § i Miljöbalken (SFS 1998:808) förbjudet att utan tillstånd bedriva verksamhet eller vidta åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön i ett Natura 2000-område. Det spelar ingen roll om verksamheten är belägen inom eller utanför naturområdet, det som avgör är effekterna den har på områdets syfte och bevarandemål.

Den del av Ljusnan som löper mellan Hede och Svegssjön är ensam i Härjedalens kommun om att inte vara utbyggd för vattenkraft, undantaget det övre källflödet. Älven och dess biflöden utgör ett mångskiftande vattensystem som omges av såväl betydande skogliga värden i naturreservatet Linsellborren som fornlämningar från stenåldern fram till medeltiden. Området har också stor utvecklingspotential inom fisketurism och rekreation med vildmarkskaraktär, varför det är av riksintresse inom både naturvård, kulturmiljövård och fritidsfiske (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008a).

Ljusnans huvudfåra på sträckan Hede-Svegssjön klassas som ett Natura 2000-område enligt Art- och habitatdirektivet då den tillhör naturtypen ”Naturliga större vattendrag av fennoskandisk typ” och är skyddad enligt Miljöbalken 4 kap 6 § (SFS 1998:808). Området innehåller arterna stensimpa (*Cottus gobio*) och utter (*Lutra lutra*) samt naturtypen ”Oligo-mesotrofa sjöar med strandpryl, braxengräs eller anuell vegetation på exponerade stränder”. Biflödena till Ljusnan ingår inte i Natura 2000-området, men bör associeras med betydelsefulla bevarandekrav både för sin nära koppling till älven och för områdets lokala naturvärden.

Det generella bevarandemålet för Ljusnan är att upprätthålla ”gynnsam bevarandestatus” genom att i största möjliga mån bevara ursprungliga naturtyper, livskraftiga bestånd av flora och fauna, samt en opåverkad hydrologi och vattenkemi. Ett av de mer specifika målen är att bibehålla vattenkvaliteten i älven ”opåverkad av utsläpp från källor som avlopp, industrier, täkter eller annan liknande verksamhet”. Flera verksamheter är idag aktiva inom Ljusnans område. Störst krav på naturvårdshänsyn ställs på skogsnäringen samt vattenkraftsutbyggnaden uppströms, då den senares effekter behöver göras skonsammare avseende en onaturlig flödescykel under årets månader. De största riskerna för oönskad förorening av vattendraget kan dock kopplas till saker som industrietableringar samt enskilda och kommunala avlopp (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008a).

## **1.5 Grundvattenförekomst**

En grundvattenförekomst är enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (Vattendirektivet), ”en avgränsad volym grundvatten i en eller flera akviferer”. Syftet med Vattendirektivet är bl.a. att vattenkvaliteten inom EU ska bevaras och förbättras. När det gäller saker som förorening av grundvatten genom utsläpp av farliga ämnen, är målet att detta ska upphöra eller successivt trappas ner. En grundvattenförekomst med potential för uttag av dricksvatten är belägen i närheten av HT (se bilaga 2). I dagsläget används den dock inte för detta ändamål (VISS, Vattenmyndigheterna 2009).

## 2. Föroreningar kopplade till träimpregnering

### 2.1 Mobilitet i marken

Jord är ett komplext medium vars huvudkomponenter i fast fas är mineraler i olika kemiska former samt organiskt material. Organiskt material består normalt av förmultnade växtdelar, men vid gamla sågverk kan det också till en betydande del utgöras av sågspån. Det kan förekomma i antingen fast eller löst fas, varav det förstnämnda ligger relativt still medan det senare är mer mobilt då löst organiskt material kan röra sig tillsammans med markvattnet. Vattnets kemiska egenskaper påverkar hur mycket av det organiska materialet i marken som förekommer i löst form. Halten löst material ökar också generellt sett med totalhalten organiskt material i marken (Frankki m.fl. 2007).

Tungmetaller är grundämnen som förekommer naturligt i marken och ekosystemet. De kallas spårämnen eftersom de endast uppträder i små koncentrationer. En del tungmetaller fyller flera viktiga biologiska funktioner för växters och/eller djurs livsuppehälle. Vid för höga koncentrationer i organismen förbyts dock dess verkan från livsuppehållande till toxisk (McBride 1994). Några av de vanligaste oorganiska föroreningarna i samband med träimpregnering är tungmetallerna krom (Cr), koppar (Cu) och arsenik (As), vilka tillsammans förkortas CCA. (Kartal & Kose 2003). När det gäller organiska föroreningar så är dioxiner och PAH (polyaromatiska kolväten) vanliga som följd av impregnering med klorfenol-lösningar (Naturvårdsverket 2006b; Frankki m.fl. 2007). Ytterligare ämnen förekommer, t.ex. zink (Zn), kvicksilver (Hg) och PCB (Juvonen 2004).

Huruvida en jord innehåller toxiska nivåer av en tungmetall eller ej, beror inte i första hand på totalhalten av ämnet i jorden, utan på halten av växttillgängliga former (Naturvårdsverket 2006b). Grundämnena kan förekomma i olika kemiska former, vilka har olika toxicitet för levande organismer. Den kemiska formen avgörs bl.a. av antalet elektroner hos atomen/jonen i fråga vilket anges av ämnets oxidationstal (t.ex. +3). Oxidationstalet förändras i samband med kemiska redox-reaktioner då ämnet tar upp (reduceras) eller släpper ifrån sig (oxideras) elektroner. Enkelt sagt så dominerar oxiderade former i väl-dränerade jordar med god syretillgång, medan reducerade former bildas i våta jordar som har högt grundvatten och därmed syrebrist. Antalet elektroner påverkar också ämnets rörlighet och bindningsförmåga i marken, något som är avgörande för risken att föroreningar ska sprida sig från förorenade områden (McBride 1994; Naturvårdsverket 2006a). Ytterligare omständigheter som gör inverkan på ämnets rörlighet är jordartens textur (dvs partikelsammansättning), dess pH-värde och innehåll av organiskt material (McBride 1994). Tungmetaller komplexbinder också till lerpartiklar samt aluminium- järn och manganoxider i jorden, vilket begränsar föroreningarnas rörlighet i marken (Bergholm & Dryler 1989; Naturvårdsverket 2006a). Även till organiskt material komplexbinds metaller, särskilt vid högt pH. I takt med att pH höjs ökar också halten löst organiskt material i marken. Beroende på i vilken form det organiska materialet föreligger (löst eller bundet) så kan komplexbindningen antingen öka eller minska metallernas rörlighet i marken. Generellt kan sägas att ju rörligare ett ämne är i marken, samt i ju större koncentration det förekommer i löst form, desto mer lättillgängligt är det för växter och djur (McBride 1994). Desto fortare sprider det sig också och riskerar att läcka ut i grundvattnet. Generellt för CCA och dioxiner kan också sägas att rörligheten är som minst vid pH 6-7 och ökar därifrån med både sjunkande och stigande pH (Bergholm & Dryler 1989).

## 2.2 Arsenik

Arsenik (As) är ett halvmetalliskt grundämne som tillförs ekosystemet från bl.a. gruvdrift och träimpregnering med CCA-produkter. Arsenik är cancerogent och har toxiska egenskaper för både människor och djur, det kan bl.a. ge akuta förgiftningssymptom, skada nervsystemet och orsaka hudsjukdomar (Naturvårdsverket 2008). Arsenik i mark förekommer vanligen antingen som den reducerade formen Arsenit (+3) eller den oxiderade formen Arsenat (+5). Vid fuktiga och syrefattiga markförhållanden dominerar arsenit, vilken binds bäst mellan pH 7 och 9. Arsenat däremot förekommer oftast i väl syresatta jordar och binder bäst vid låga pH. Det binder också bra till lera och oxider, varför ett högt innehåll av dessa jordkomponenter ytterligare minskar ämnets rörlighet i marken (McBride 1994).

## 2.3 Koppar

Koppar är ett metalliskt grundämne som sprids till miljön från bl.a. gruvor och smältverk. Det är en vanligt förekommande komponent även inom elektronikindustrin samt i takbeläggningar och färger (Naturvårdsverket 2008). Varje europeisk medborgare ger upphov till ca två kg kopparavfall om året, men endast hälften återanvänds. Koppar är livsnödvändigt för alla levande organismer då det är en beståndsdel i flera enzymer (ämnen som katalyserar kemiska reaktioner i levande organismer). Vid för höga halter är dock ämnet toxiskt och kan skada bl.a. lever, njurar och immunförsvar (Naturvårdsverket 2006a). I marken förekommer koppar i princip alltid i jonformen  $\text{Cu}^{2+}$ . Rörligheten hos ämnet är i allmänhet mycket låg, eftersom koppar vid neutralt pH och syrerika förhållanden bildar starka komplex med lera och oxider. Dessutom binder koppar starkare till organiskt material än någon annan spårmetall, varför halten av detta ofta är avgörande för hur mycket koppar marken kan binda (McBride 1994; Naturvårdsverket 2006a). Vid basiska förhållanden (høgt pH) kan dock vattenlösliga komplex av koppar tillsammans med organiskt material bildas och i denna form sker nästan all transport av koppar i marken (McBride 1994).

## 2.4 Krom

Krom (Cr) är ett metalliskt grundämne som bl.a. ingår i legeringar och rostfritt stål samt används vid garvning av läder. Ytterligare kromkällor till naturen är förbränning av avfall och fossila bränslen (Naturvårdsverket 2006 a; Naturvårdsverket 2008). Krom förekommer vanligtvis i två olika oxidationsformer, (+3) och (+6). Sexvärt krom är mycket toxiskt, då det lätt kan passera genom cellmembran. Trevärt krom behövs i kroppen för sockerförbränning men vid höga halter är även det toxiskt. Exponering för krom, framför allt den sexvärda formen, kan bl.a. ge skador på andningsvägar, orsaka lungcancer, hudskador och matsmältningsproblem. Det kan också skada lever och njure (Juvonen 2004; Naturvårdsverket 2006a). I marken förekommer krom oftast i trevärd form och räknas som ett ämne med låg rörlighet. Detta eftersom det komplexbinder hårt med organiskt material samt binds till lera och oxider, även vid låga pH-värden. Vid høgt pH kan dock en del av det trevärda kromet oxideras till sexvärt krom, vilket inte adsorberas i lika stor utsträckning och därför är betydligt rörligare (McBride 1994).

## 2.5 Zink

Stora mängder av det metalliska grundämnet zink (Zn) förekommer i dagens samhälle, bl.a. används det inom byggnads- och bilindustrin för ytbehandling och korrosionsskydd av järn och stål, samt i målarfärg och legeringar (Nationalencyklopedin 1996). Stora spridningskällor till miljön är också partiklar från bildäck och lakvatten från förzinkade metallkonstruktioner. Zink behövs av både växter, djur och människor då det ingår som ett viktigt näringsämne i enzymer som styr bl.a. sår läkning, matsmältning, fortplantning, syn, sockerbalans och njurfunktioner (Naturvårdsverket 2006a). Brist på zink kan bl.a. ge upphov till hudförändringar och fördröjd mental utveckling (Nationalencyklopedin 1996), medan ett alltför högt intag av zink kan orsaka problem som kräkningar och diarré. Exponering av zink under lång tid kan försämra kroppens upptag av andra näringsämnen samt leda till koppar- eller järnbrist (Juvonen 2004). I marken förekommer zink i tvåvärd jonform, som  $Zn^{2+}$ . I sur, oxiderande miljö anses zinkjonen som en av de mest rörliga spårmetallerna. Då pH ökar minskar dock rörligheten markant, eftersom ämnet då komplexbinder med oxider, leror och organiskt material. Vid neutralt pH-värde (pH 7) är zink mycket orörligt. När pH ökar ytterligare och jorden får mer basiska egenskaper kan dock de organiska zink-komplexen bli lösliga och därmed åter öka ämnets mobilitet (McBride 1994).

## 2.6 Kobolt

Kobolt är ett metalliskt grundämne som bl.a. används i legeringar, färgpigment och magneter (Nationalencyklopedin 1993). Det kan också tillföras miljön från kraftvärmeverk och bilavgaser. Kobolt ingår i vitamin B<sub>12</sub> och är i små mängder nödvändigt att få i sig för både människor och djur. Det behövs även för kvävefixeringsprocessen hos kvävefixerande bakterier. Kobolt i högre halter är dock cancerogent samt giftigt för vattenlevande organismer. Toxiciteten antas bero på att kobolt kan ersätta zink i vissa enzymer (Naturvårdsverket 2006a). I marken förekommer kobolt i två olika oxidationsformer, +2 och +3. Den senare formen förekommer främst under syrerika förhållanden vid mycket höga pH-värden (McBride 1994). I vatten (dvs. i mer syrgasfattiga, reducerade förhållanden) dominerar  $Co^{2+}$  samt olika komplex av densamma med järn, mangan, karbonat och löst organiskt material (McBride 1994; Naturvårdsverket 2006a). Också vid låga pH-värden är kobolt lösligt och därmed mobilt i marken (McBride 1994). Vid höga pH-värden däremot, binds ämnet starkt av lera, oxider och organiskt material (Naturvårdsverket 2006a).

## 2.7 Dioxiner

Dioxiner är ett samlingsnamn för 210 olika organiska kemiska föreningar med bundna kloratomer (klorerade dibenzofuraner och klorerade dibenzodioxiner). Ca tio av dessa är mycket toxiska, varav den allra giftigaste anses vara 2,3,7,8-tetraklordibenso-1,4-dioxin som förkortas TCDD, vilken också har studerats allra mest och visats vara cancerogen (Nationalencyklopedin 1991; SCOOP, Europakommissionen 2000). Det har aldrig funnits något syfte med dioxinproduktion, utan dessa kemiska föreningar bildas som biprodukter av förbränning och olika industriverksamheter. Via utsläpp till luften kommer de ut i ekosystemet. Då dioxiner är fettlösliga har de en förmåga att ansamlas i fettvävnaden hos människor och djur. De binder också starkt till organiskt material, samt är mycket svårnedbrytbara, vilket sammantaget gör dem mycket långlivade i marken och naturen (SCOOP, Europakommissionen 2000; Buckley-Golder m.fl., 1999). Dioxiner har hydrofoba (vattenskyende) egenskaper varför de inte tenderar att lösa sig direkt i markvattnet. De bildar

däremot starka komplex med organiskt material och om detta förekommer i löst form blir föroreningen mobil. Höjt pH ökar också mobiliteten hos dioxiner (Frankki m.fl. 2007).

För att kunna jämföra toxiciteten mellan olika dioxinföreningar har s.k. TEF-värden (toxikologisk ekvivalensfaktor) utvecklats. TCDD som anses giftigast har tilldelats värdet 1 och mot detta jämförs övriga dioxinföreningar, vilka fått lägre värden utifrån sin giftighet relativt TCDD. Genom att multiplicera alla förekommande dioxinföreningar i exempelvis ett jordprov med sina respektive TEF-värden och sedan summera resultaten, fås den totala koncentrationen av dioxiner uttryckt som TEQ:s, dvs toxikologiska ekvivalenter (SCOOP, Europakommissionen 2000).



### 3. Syfte

Denna undersökning har som syfte att vidare utreda föroreningsbilden på Härjedalens Träförädling AB, genom att svara på följande frågor:

- Vilka föroreningar förekommer i marken på det aktuella området?
- Vilka halter finns av dessa föroreningar?
- Hur stor är föroreningarnas utbredning i yta och djup?

Undersökningen ska utföras som en provtagning i enlighet med MIFO fas 2 samt kompletteras med en riskklassning enligt MIFO-metodiken, där bedömningar av riskerna för föroreningarnas spridning samt exponering för människor vägs samman.

## 4. Material och metoder

### 4.1 Områdesbeskrivning

Objektet Härjedalens Träförädling AB är beläget på ett industriområde i Hede. Det ligger i anslutning till permanent bebyggelse, bostäder och skogsområden som nyttjas för rekreation och friluftsliv. Grundvattenrecipienten är Kvarnån som leder vidare ut i Ljusnan, vilken är klassad som ett Natura 2000 område (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008a; 2008b). I närheten av industriområdet finns också en grundvattenförekomst med möjlighet till dricksvattenuttag (bilaga 2). Det aktuella provtagningsområdet utgörs av det ca 70 x 70 m stora markområdet beläget kring den före detta impregneringsbyggnaden (fig. 1), samt de upplagsplatser som använts för impregnerat virke (Länsstyrelsen Jämtlands län 2008b).



Figur 1. Vy över provtagningsområdet. Impregneringsbyggnaden är inringad med rött.

Inför provtagningen fanns det endast vaga uppgifter om hur markförhållandena egentligen ser ut på området. Enligt SGU:s jordartskarta (bilaga 1) är den naturliga jordarten grovmo/sand/grus. Bröderna Grubb hade å sin sida erfarenhet av mycket sten och block i marken. Fyllnadsmassor antogs också förekomma på området, men mer exakta uppgifter om var och när de lagts dit saknades. Vid provtagningen visade sig området till största delen bestå av fyllnadsmassor. Markförhållandena är därför mycket varierande. Det finns inslag av ren lera, stora stenar och allt däremellan. Några tydliga mönster av naturliga marklager var oftast svåra att urskilja. De marklager som förekom var istället i blandad ordning, olika från grop till grop, vilket är typiskt för fyllnadsmassor. Bilder på jordprofiler från några av provgroparna återfinns i bilaga 9. En okulär beskrivning av alla provgropar återfinns i bilaga 10.

## 4.2 Undersökningens omfattning

Undersökningen utformades i samråd med uppdragsgivarna, med målet att göra insatserna kostnadseffektiva. Undersökningen begränsades till HT:s fastighet. Provtagning under impregneringsbyggandens betonggrund uteslöts. Då tidigare tagna prover indikerade föroreningar främst i markytan, beslutades att nu provta ner till en meters djup där föroreningarna bedömdes ha stor sannolikhet att vara obefintliga. Provtagning av grundvatten uteslöts med motiveringen att det får ske i ett eventuellt nästa steg, om föroreningarna visar sig ha nått så pass djupt. Dioxinanalyser begränsades till ett enskilt prov taget från en möjlig punktförorening.

Som strategi för provpunktsurvalet valdes ”systematisk grid sampling”, dvs att provpunkter läggs ut i ett rutnät med slumpmässig start. Metoden valdes för att uppnå en statistiskt korrekt undersökning och sticker eventuellt ut ur mängden då många MIFO fas 2-undersökningar görs med hjälp av riktad provtagning. Fördelen med systematisk grid sampling är att det utifrån resultatet finns möjlighet att beräkna en simulering av föroreningarnas faktiska spridningsbild. Vid en riktad provtagning fås information om föroreningshalter endast i utvalda punkter och spridningsbilden blir helt och hållet en subjektiv uppskattning. Eventuella behov av vidare undersökningar samt simuleringsberäkning får dock kompletteras senare och faller då utanför ramen för detta examensarbete.

## 4.3 Provtagning

Inför provtagningen definierades markytan till att börja under eventuella lager av asfalt eller växtmässigt fältskikt. Grundvattenytan bedömdes till att ligga på ca två meters djup. Enligt uppgift från VA-avdelningen på Härjedalens kommun ligger vatten- och avloppsledningar på minst två meters djup. En kabelanvisning utfördes av Eltelnetworks genom spraymarkering på marken, för att undvika avgrävning av kablar.

Provpunkterna lades ut i ett rutnät på kartan i enlighet med den valda strategin. Med hjälp av miniräknarens slumpvalsfunktion togs X- och Y- koordinater för startpunkten fram. Utifrån denna markerades sedan provpunkterna ut med femton meters mellanrum. Detta förband (dvs avståndet mellan punkterna) möjliggör bestämning av gränsen mellan ren och förorenad mark med en precision av  $\pm 7,5$  m. Sexton punkter (turkos på provtagningskartan) hamnade inuti provtagningsområdet och fick därmed ingå i provtagningen. Ytterligare tre provpunkter (gula på provtagningskartan) placerades ut på subjektivt valda platser för att lokalisera ”hotspots” (dvs platser där särskilt stark misstanke om förorening förelåg) eller som en extra kontroll i ett område där provpunkterna hamnat glest. Tre referensprovpunkter (lila på provtagningskartan) sattes ut på subjektivt valda platser. Referenspunkterna placerades på sådant avstånd från provtagningsområdet att marken antogs vara opåverkad från föroreningar men ändå ha likartade förhållanden som intresseområdet.

Ett system för justering av en enskild provpunkts placering beslutades. Om gropgrävning var praktiskt omöjlig i någon punkt, t.ex. på grund av betonggrund, kabel i marken eller alltför stora stenblock, skulle provpunkten flyttas 2 meter åt sydväst. I de fall även den nya punkten var omöjlig, skulle den flyttas ytterligare 2 meter i samma riktning, osv. Systemet gällde för provpunkter i rutnätet, ej de subjektivt utplacerade.

Vid kontroll i fält blev ett antal justeringar på provpunktskartan nödvändiga att göra. Rutnätets punkt nummer 8 visade sig ligga mitt ovanför en kabel i marken. Stegvis flyttning av provpunkten åt sydväst enligt förutbestämt system, sammanföll dock med kabelns sträckning ända tills

provpunkten hamnade utanför intresseområdet. Den bedömdes därmed falla bort. Punkt 9 låg på betonggrund och flyttades därför två meter åt sydväst enligt samma system. Den hamnade då mycket nära den subjektivt utplacerade punkt 17, vilken därmed bedömdes som överflödigt och också plockades bort. Även punkt 14 låg på betonggrund och flyttades därför åtta meter åt sydväst där den nådde mark. Den subjektivt utplacerade punkt 19 låg nära en kabel och justerades därför en aning. Också referenspunkt nummer 20 låg nära en kabel och flyttades därför någon meter åt sidan, dock fortfarande på likartad mark. Efter att provpunkt 8 fallit bort bestod provpunktsrutnätet av femton gropar. Den slutliga placeringen av provpunkterna återges på provpunktskartan i bilaga 3.

#### 4.4 Genomförande

Provtagningen genomfördes den 9 september 2009. Till gropgrävningen ansågs en grävmaskin vara lämpligast, då en sådan fungerar att gräva med både genom asfalt och i stenig mark. Grävmaskinist Jan Dahlsten i Hede anlätades av företaget för uppdraget. En relativt liten skopa valdes, för att hålla nere mängden uppgrävda massor. Storleken på groparna blev ca 0,5 x 1,5 m i ytan, samt ca 1 m djupa. De uppgrävda massorna lades i två högar vid sidan av varje grop, en hög för det översta och potentiellt mest förorenade lagret, samt en hög för bottenmassorna. Prover togs med plastspade från den mest intakta sidoväggen i varje grop på tre olika djupintervall; 5-10 cm, 35-40 cm och 95-100 cm under markytan. Plastspade användes också innan varje prov togs för att skrapa bort det yttersta jordlagret från gropväggen. Detta eftersom den yttre jorden kommit i kontakt med grävskopan som är gjord av metall och potentiellt skulle kunna påverka metallhalter i jorden. Spadarna rengjordes mellan varje provtagning med vatten och diskborste. När proverna tagits lades de uppgrävda massorna tillbaka. För att förhindra onödig omblandning av jorden och därmed risk för ytterligare förorenings-spridning lades bottenmassorna tillbaka i botten och massorna från det övre lagret tillbaka överst i gropen.



Figur 2 och 3. Anna Löfholm från Länsstyrelsen (t.v.) och undertecknad (t.h.) tar jordprover med hjälp av plastspade.

I grop 9 som var lokaliserad precis intill impregneringsanläggningen togs prov i två gropväggar. Dels i den yttre gropväggen, som föll sig naturligtast att provta i och därmed fick ingå i rutnätet. Dels i den inre gropväggen alldeles intill byggnaden, vilken fick ersätta den bortfallna subjektiva punkt 17, vilken var utplacerad med förhoppning om att lokalisera en hotspot. Proverna märktes ”9v” för vägg/husvägg och ”9y” för gropens ytterkant. Totalt togs alltså prover från de femton groparna i rutnätet, de tre extra subjektivt utplacerade groparna (där 17 ersattes med 9v) och de tre referensgroparna (tabell 1). Det blev totalt 63 jordprover och dessa förvarades över natten inomhus i rumstemperatur, i öppna plastpåsar för att vatteninnehållet skulle minska genom avdunstning.

Tabell 1. Förteckning över alla jordprover. Proverna är märkta enligt systemet 1:1, 1:2, osv, där första siffran står för gropnumret och andra siffran för djupnivån. Djupnivå 1 = 5-10 cm, djupnivå 2 = 35-40 cm, och djupnivå 3 = 95-100 cm under markytan. Märkningen ”3:2” = grop 3 djupnivå 2, osv. ”9:1 v” = grop 9 djupnivå 1 vägg, ”9:3 y” = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.

Grupp	Grop	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	GPS-koordinater
Provpunkter i rutnätet	1	1:1	1:2	1:3	X = 1 382 434 Y = 6 924 058
	2	2:1	2:2	2:3	X = 1 382 449 Y = 6 924 043
	3	3:1	3:2	3:3	X = 1 382 464 Y = 6 924 043
	4	4:1	4:2	4:3	X = 1 382 449 Y = 6 924 058
	5	5:1	5:2	5:3	X = 1 382 434 Y = 6 924 088
	6	6:1	6:2	6:3	X = 1 382 449 Y = 6 924 073
	7	7:1	7:2	7:3	X = 1 382 464 Y = 6 924 058
	8	---	---	---	X = 1 382 479 Y = 6 924 043
	9 y	9:1 y	9:2 y	9:3 y	X = 1 382 474 Y = 6 924 054
	10	10:1	10:2	10:3	X = 1 382 464 Y = 6 924 073
	11	11:1	11:2	11:3	X = 1 382 449 Y = 6 924 088
	12	12:1	12:2	12:3	X = 1 382 464 Y = 6 924 088
	13	13:1	13:2	13:3	X = 1 382 479 Y = 6 924 073
	14	14:1	14:2	14:3	X = 1 382 488 Y = 6 924 053
	15	15:1	15:2	15:3	X = 1 382 494 Y = 6 924 073
	16	16:1	16:2	16:3	X = 1 382 479 Y = 6 924 088
Subjektivt placerade provpunkter	9 v	9:1 v	9:2 v	9:3 v	X = 1 382 474 Y = 6 924 054
	17	---	---	---	X = 1 382 474 Y = 6 924 058
	18	18:1	18:2	18:3	X = 1 382 457 Y = 6 924 097
	19	19:1	19:2	19:3	X = 1 382 503 Y = 6 924 072
Referenspunkter	20	20:1	20:2	20:3	X = 1 382 414 Y = 6 924 078
	21	21:1	21:2	21:3	X = 1 382 419 Y = 6 924 100
	22	22:1	22:2	22:3	X = 1 382 392 Y = 6 924 112



## 4.5 XRF-analyser

Med ett portabelt XRF-instrument av modell Niton XLt 700 analyserades jordproverna direkt i fält den 10 september 2009. XRF står för "X-ray fluorescence" och är en icke förstörande metod som med hjälp av röntgenfluorescens kan detektera halterna av olika ämnen i ett visst material, t.ex. jord (Kjellin 2004). Tre mätningar på vardera 60 sekunder gjordes med XRF-instrumentet på respektive prov. Varje prov bestod av 100 ml jord, som tryckts ihop och plattats åt till 1-2 cm tjocklek. Mätningarna gjordes på olika ställen på provet, direkt genom plastpåsen.

Dessutom gjordes en XRF-mätning direkt på marken i varje punkt innan groparna grävdes, som ett komplement till övriga mätningar. Två mätningar gjordes också direkt på impregneringsanläggningens betonggrund, som med sin gröna färg antogs ha svämmats över av impregneringsvätska (fig. 4). Som mätningsunderlag för jordproverna användes en obehandlad (endast hyvlad) träkloss av gran. Även på denna träkloss utfördes en XRF-mätning. Kalibrering av XRF-instrumentet skedde enligt instruktionsboken, varje gång då mer än en halvtimme passerat sedan senaste mätning.



Figur 4 (t.v.). Impregneringsanläggningens betonggrund har färgats grön av impregneringsmedel som svämmat över inuti byggnaden och runnit ut över kanten.

Figur 5 (t.h.). XRF-instrumentet som användes i undersökningen, Niton XLt 700.

## 4.6 Laboratorieanalyser

Då osäkerheten är större för XRF-analyser än för laboratorieanalyser, skickades ett urval av proverna (totalt ca 30 %) till laboratorium för bestämning av totalhalter av tungmetaller. Dessa laboratorieanalyser användes som underlag för att kontrollera och kalibrera resultaten från XRF-mätningarna.

De prover som skickades iväg för metallanalys bestod av samma jord som tidigare analyserats med XRF-instrument. Hälften av proverna analyserades dessutom med avseende på pH och TOC (Total Organic Carbon, dvs jordens innehåll av kol i organiskt material).

Urvalet av de prover som skulle skickas till laboratorium skedde på följande sätt:

- Fem jordprov från djupnivå 1 samt fyra prov från vardera djupnivå 2 och 3 utvaldes slumpmässigt genom lottning från de femton groparna inom det objektivet utlagda rutnätet.
- Från de två subjektivt utplacerade groparna nr 18 och 19, samt från de tre referensgroparna nr 20, 21 och 22, utlottades ett prov från varje grop.
- Sex extra jordprover valdes subjektivt ut, bl.a. från den misstänkta hotspot-punkten 9:1v.
- För analys av pH och TOC valdes tolv prover från rutnätet subjektivt ut.
- Ett prov valdes subjektivt ut från den misstänkta hotspot-punkten 9:1v för analys m.a.p. dioxiner.

De utvalda jordproverna skickades till ALS Scandinavia, som är ackrediterat för aktuella analyser. På laboratoriet siktades varje jordprov genom en 2 mm siktduk. Totalhalter av tungmetaller bestämdes genom upplösning av jorden i  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  i mikrovågsugn, varefter lösningens halter mättes med ett ICP-AES instrument. Denna analys skedde enligt modifierad EPA-metod 200.7. TOC beräknades indirekt, utifrån glödförlust i ugn vid  $550^\circ \text{C}$  i två timmar (**e-post Lena Wiklund, ALS Scandinavia, 25/11 2009 samt 15/1 2010**). Dioxinanalysen skedde enligt metod baserad på US EPA 1613 (**e-post Johan Nilsson, ALS Scandinavia, 15/1 2010**). En översikt av de prover som skickades till laboratorium återfinns i tabell 2.

Tabell 2. Urval av prover som skickades till labb samt deras respektive analyser.

Urval till labb	Djup-nivå 1	Djup-nivå 2	Djup-nivå 3	Analys
<b>13 prover,</b> slumpmässigt från provpunkts-rutnätet	3:1	2:2	3:3	Metaller i jord
	5:1	3:2	4:3	
	7:1	5:2	9:3 y	
	9:1 y	14:2	10:3	
	13:1			
<b>2 prover,</b> slumpmässigt från subjektiva provpunkter	18:1	19:2		Metaller i jord
<b>3 prover,</b> slumpmässigt från referens-punkterna	21:1	20:2		Metaller i jord
	22:1			
<b>6 prover,</b> subjektivt komplement	1:1	9:2 v	9:3 v	Metaller i jord
	12:1			
	9:1 v			
	15:1			
<b>12 prover,</b> subjektivt från rutnätsurvalet	7:1	5:2	4:3	pH och TOC
	9:1 y	9:2 v	9:3 y	
	12:1	14:2	10:3	
	21:1	19:2		
	22:1			
<b>1 prov,</b> subjektivt	9:1 v			Dioxiner



## 5. Databearbetning

### 5.1 LOD och XRF-medelvärden

Vid varje mätning med ett XRF-instrument fås normalt ett värde på halten av respektive metall som förekommer i jorden. Dock kan resultatet för en eller flera metaller emellanåt bli "Limit of Detection" (förkortas LOD), dvs halten understiger "mätningssgränsen". LOD är den minsta halt en metall måste finnas i, för att XRF-instrumentet med rimlig säkerhet ska kunna fastställa att halten är större än noll. Instrumentets värde för LOD (för en viss metall) kan variera något beroende på mätningstid, jordens karaktär/sammansättning, instrumentets strålningskälla och kraven på statistisk tillförlitlighet (Thermo Electron Corporation 2006).

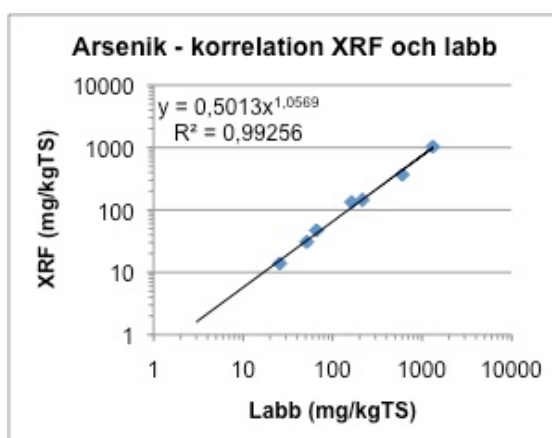
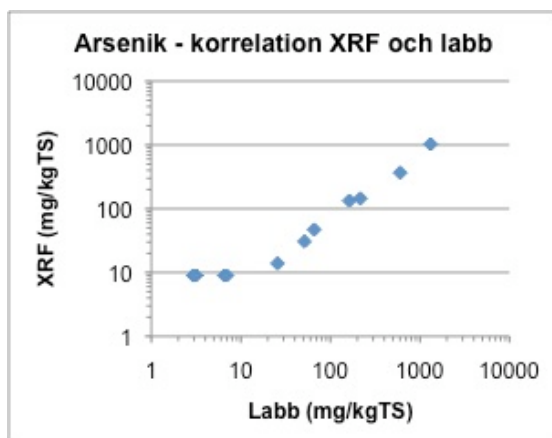
När XRF-instrumentet i denna undersökning visade LOD, åsattes provet i fråga det LOD-värde som anges från Niton (instrumentets leverantör) för att ge en siffra på mätningen. Medelvärden har sedan beräknats utifrån de tre mätningar som utförts på varje jordprov. Detta medför att ett antal medelvärden är helt eller delvis baserade på LOD-värden. I de fall där två av tre mätningar visade LOD, sattes medelvärdet till LOD. I de fall där två av tre mätningar visade sifferresultat, räknades ett medelvärde ut som grundade sig på dessa två resultat samt ett LOD-värde. Samtliga värden som delvis baseras på LOD-värden är mycket osäkra och alltid överskattningar av de "sanna" värdena.

### 5.2 Kalibrering av XRF-data

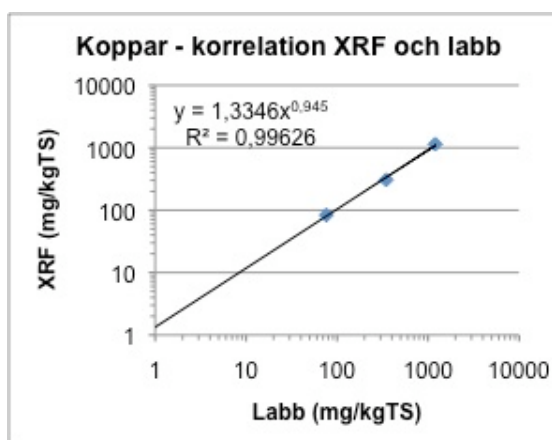
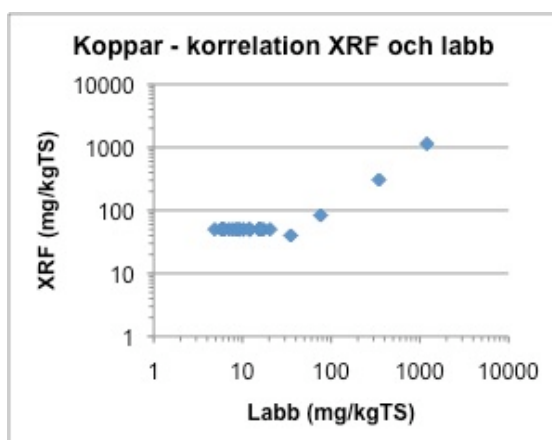
Med utgångspunkt i att laboratorieanalyser av metaller visar de sanna metallhalterna i jorden (eller åtminstone ger ett säkrare resultat än XRF-instrumentet), kalibrerades XRF-resultaten mot labb-resultaten. Detta gjordes med hjälp av en regressionslinje, även kallad korrelationslinje eller minsta-kvadratlinje.

Först plottades XRF-värdena mot laborativvärdena i var sitt diagram för respektive metall (fig. 7a, 8a, 9a). I figurerna kan utläsas att XRF:ens LOD ligger vid ca 10 mg/kg torrsubstans (TS) för arsenik, ca 60 mg/kgTS för koppar och ca 170 mg/kgTS för krom, under de förutsättningar som rådde vid mättillfället. I figur 7b, 8b och 9b har alla värden under LOD plockats bort och en regressionslinje beräknats, vilken bygger på räta linjens ekvation ( $y=kx+m$ ). Ju bättre punktsvärmen följer linjen, desto bättre är korrelationen mellan x- och y-axeln, vilka i det här fallet representeras av de olika mätmetoderna. Ekvationen för linjen i respektive diagram användes sedan för att räkna ut nya korrigerade XRF-värden för de olika metallerna. Dessa värden presenteras i bilaga 4a.

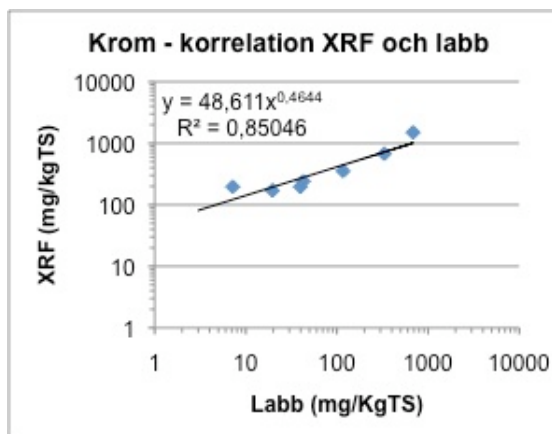
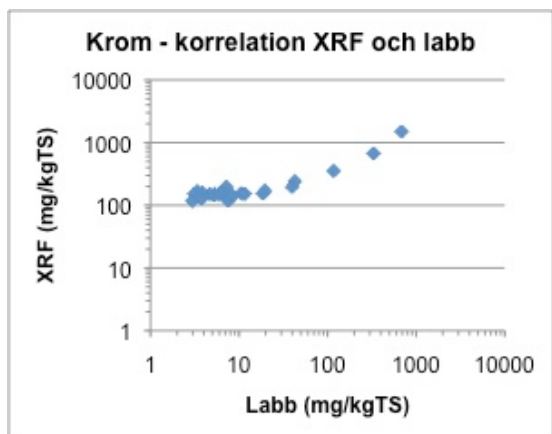
Korrelationen mellan labb-resultaten och XRF-resultaten stämde bra för arsenik och koppar. Detta visas av korrelationsdiagrammen för dessa ämnen (fig. 7, 8), där punkterna utgör i det närmaste en rak linje. För krom var korrelationen sämre, särskilt vid lägre halter. Därför gjorde kalibreringen av XRF-resultaten mot labb-resultaten störst skillnad för just krom.



Figur 7a och 7b. Kalibrering av XRF-resultat mot laboratorieresultat för arsenik. I figur b har LOD-värden uteslutits och en regressionslinje lagts till.



Figur 8a och 8b. Kalibrering av XRF-resultat mot laboratorieresultat för kopparskorrelation XRF och labb. I figur b har LOD-värden uteslutits och en regressionslinje lagts till.



Figur 9a och 9b. Kalibrering av XRF-resultat mot laboratorieresultat för krom. I figur b har LOD-värden uteslutits och en regressionslinje lagts till.

## 6. Resultat

### 6.1 Arsenik, koppar och krom (CCA)

Provpunkt 9v bredvid impregneringsanläggningen är den punkt där föroreningshalterna med råge överskrider Naturvårdsverkets riktvärden för MKM (fig. 10, 11, 12 samt bilaga 4a). Hela vägen ner till djup 3 är föroreningshalten mycket hög. Hur det ser ut djupare ner i samma punkt ger denna undersökning inga uppgifter om.

I punkt 9y ca en meter ut från byggnaden har föroreningshalterna avtagit avsevärt. Endast på djup 1 finns här arsenikhalter som överskrider MKM. Utifrån detta kan bedömas att trots förekomst av höga föroreningshalter intill byggnaden så avtar dessa relativt snabbt i horisontell riktning.

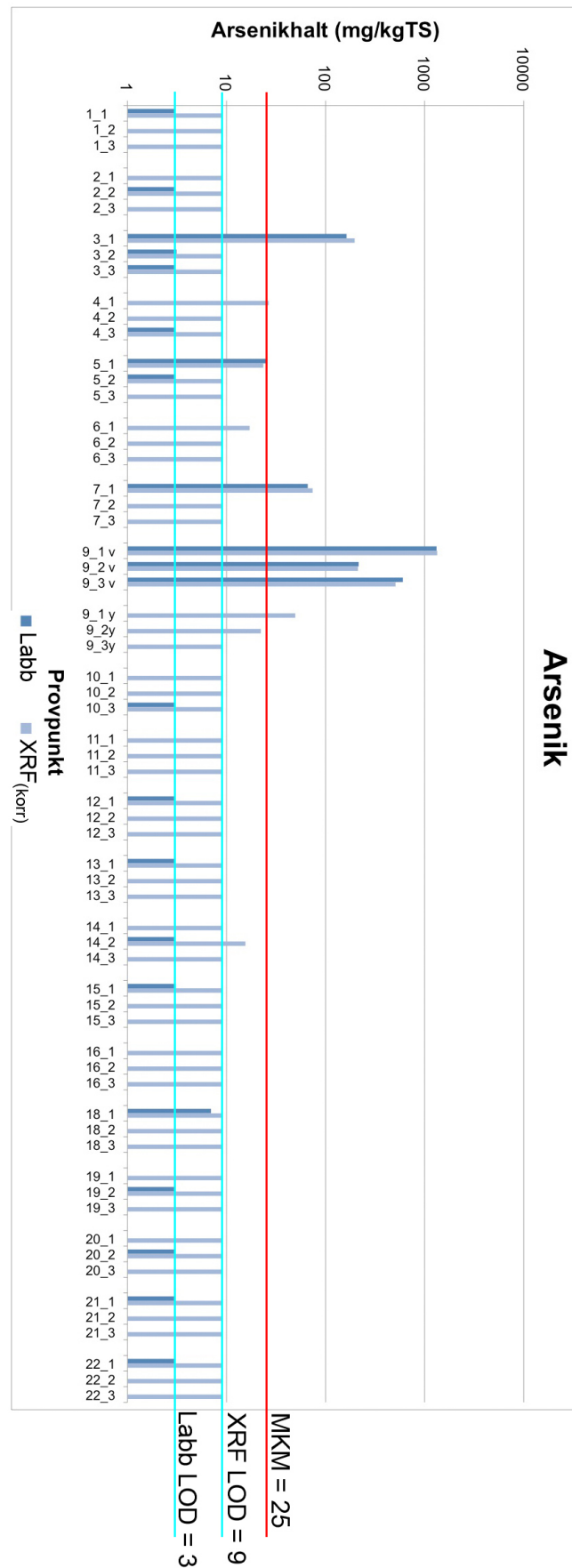
Betonggrunden verkar ha sugit upp impregneringsvätska (fig. 4), vilken möjligen kan ha trängt ner genom betongen till marken. Med tanke på grundens tjocklek (fig. 4) bedöms det dock som osannolikt att detta skulle ha skett. Bedömningen gäller givetvis under förutsättning att inga sprickor i betongen förekommer. Utifrån spridningsbilden i punkt 9 där föroreningarna spridit sig någon meter ut från byggnaden i horisontell riktning, verkar det däremot rimligt att de föroreningar som runnit ner på marken även kan ha spridit sig någon meter in under betonggrunden.

I övrigt är det endast ett fåtal punkter som uppvisar föroreningshalter över MKM-riktvärdet, de flesta lokaliserade till tidigare virkesupplagsytor. Dessa är punkt 3 som har arsenik och koppar på djup 1 (5-10 cm), punkt 7 som har arsenik på djup 1, samt punkt 4 som ligger precis över MKM-riktvärdet för arsenik på djup 1 (fig. 10, 11, 12). De enstaka XRF-mätningar som gjordes direkt mot markytan visar dessutom förhöjda halter på marknivå i punkterna 3, 5, 6, 7, 9, 12, 14 och 19.

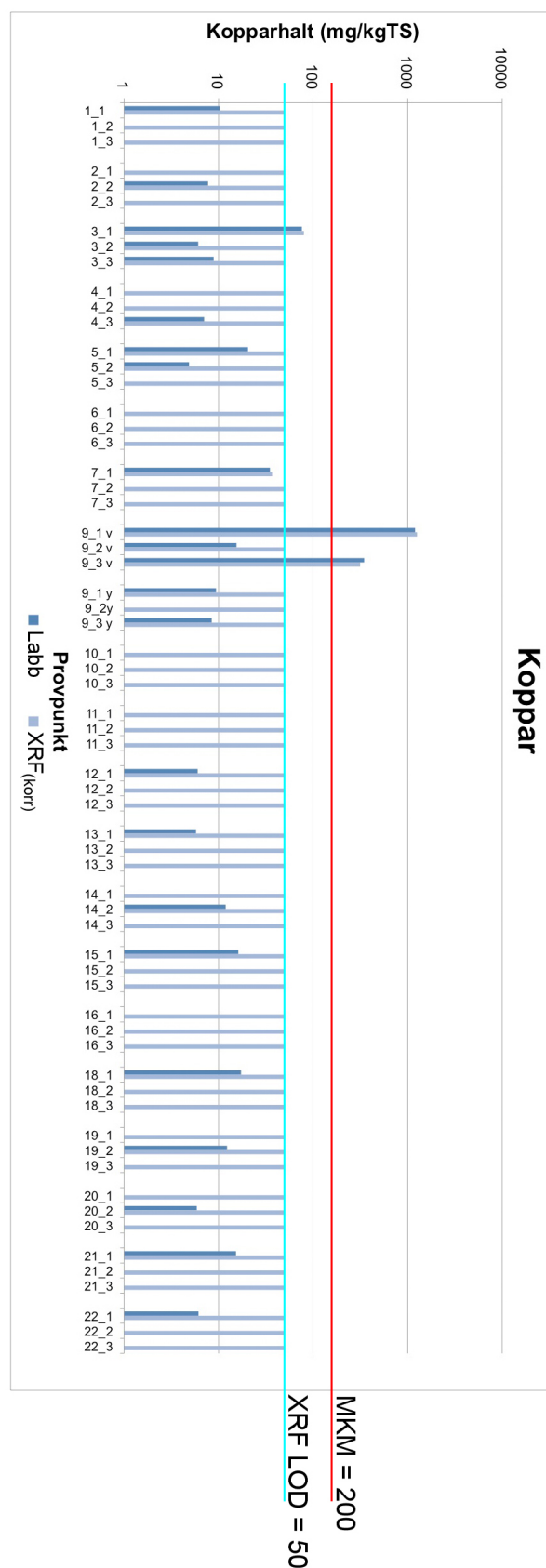
Mer ingående kan sägas att MKM-riktvärdet överskrids på marknivå för arsenik i punkt 5, 7, 9, 14 och 19 (fig. 13). I punkt 3 ligger halten precis på gränsen. För koppar överskrids MKM-riktvärdet på marknivå i punkt 9 och 14 (fig. 14), samt för krom i punkt 3, 6, 7, 9, 12 och 19 (fig. 15).

Hur situationen ser ut vid gränsen mot grannfastigheten är inte helt utrett eftersom det inte gick att gräva i punkt 8 (som låg närmast) p.g.a. kabel i marken. Även punkt 3, 14 och 19 ligger dock relativt nära fastighetsgränsen och har metallhalter som indikerar att föroreningar kan ha spridits till andra sidan. Om så är fallet förekommer dessa troligen endast i ytan eller på grunt djup, eftersom inga djupgående föroreningar indikerats i ovan nämnda punkter.

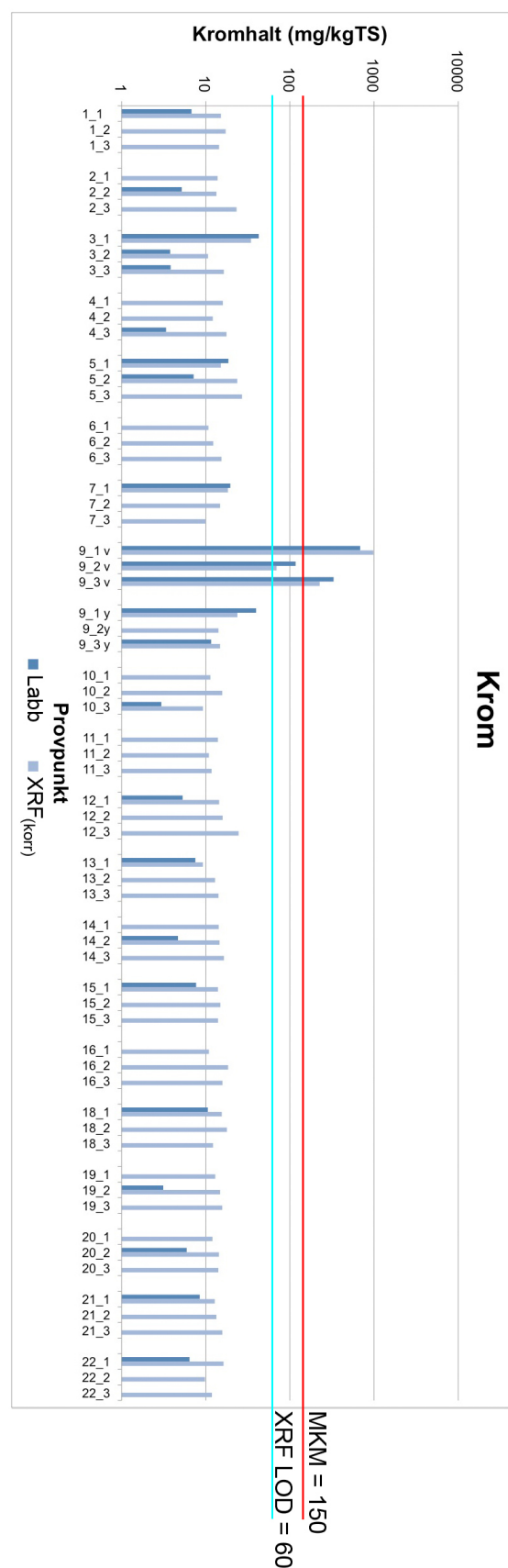
Sammanfattningsvis så förekommer det mycket höga föroreningshalter just vid impregneringsanläggningen. Det finns också förhöjda metallhalter i övre marklagret på några ställen, huvudsakligen där virkesupplagen tidigare legat. På djup 2 (35-40 cm) och 3 (95-100 cm) har inga förhöjda halter påträffats, utom i punkt 9v. En överblick över den totala föroreningssituationen visas i bilaga 7.



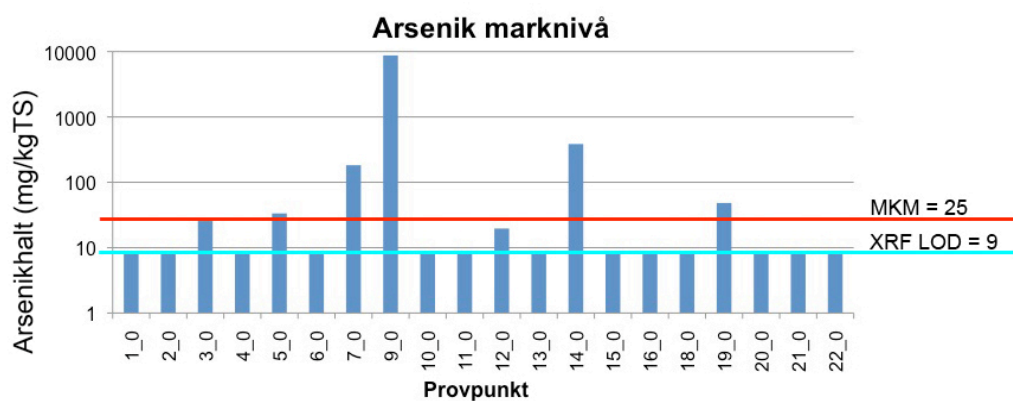
Figur 10. Arsenikhalter i respektive provpunkt. Notera logaritmisk skala på Y-axeln. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med horisontella linjer. Provpunkter är markerade med nr 1 – 22, varav 20 – 22 är referenspunkter. Djupnivåer är markerade med 1 – 3, där 1 = 5-10 cm, 2 = 35-40 cm och 3 = 95-100 cm under markytan. "9:1 v" = grop 9 djupnivå 1 vägg, "9:3 y" = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.



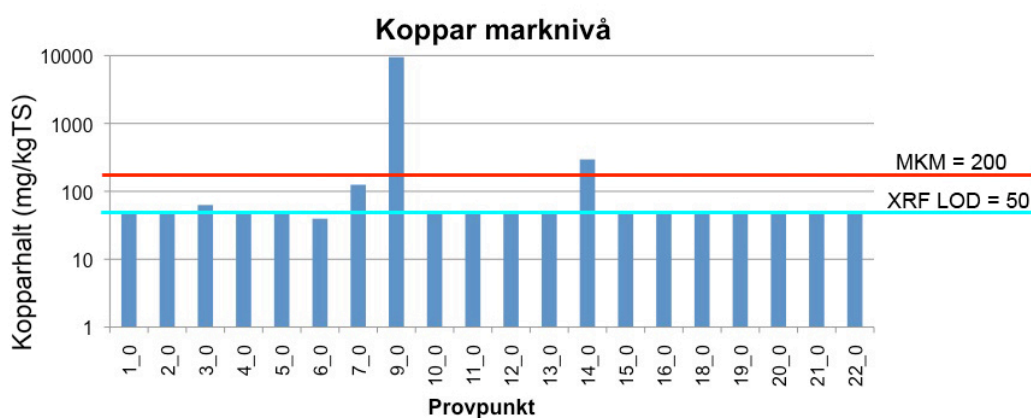
Figur 11. Kopparhalter i respektive provpunkt. Notera logaritmisk skala på Y-axeln. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med horisontella linjer. Provpunkter är markerade med nr 1 – 22, varav 20 – 22 är referenspunkter. Djupnivåer är markerade med 1 – 3, där 1 = 5-10 cm, 2 = 35-40 cm och 3 = 95-100 cm under markytan. "9:1 v" = grop 9 djupnivå 1 vägg, "9:3 y" = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.



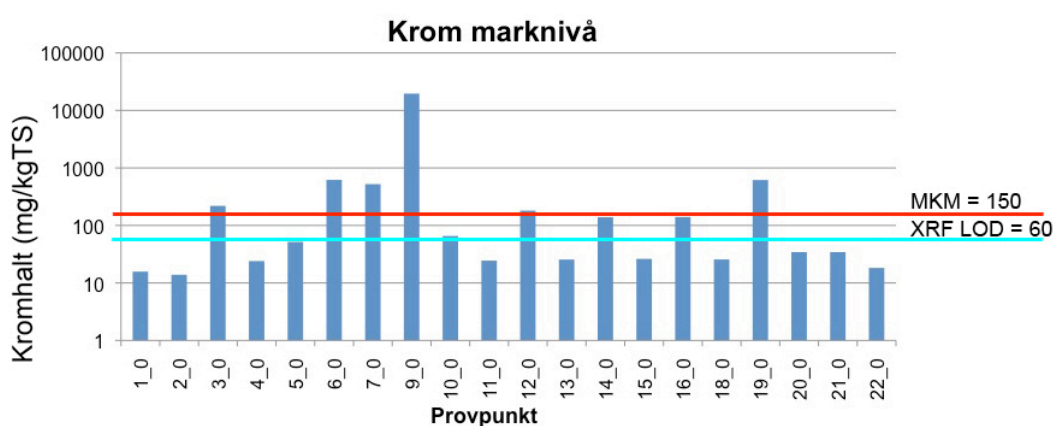
Figur 12. Kromhalter i respektive provpunkt. Notera logaritmisk skala på Y-axeln. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med horisontella linjer. Provpunkter är markerade med nr 1 – 22, varav 20 – 22 är referenspunkter. Djupnivåer är markerade med 1 – 3, där 1 = 5-10 cm, 2 = 35-40 cm och 3 = 95-100 cm under markytan. "9:1 v" = grop 9 djupnivå 1 vägg, "9:3 y" = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.



Figur 13. Arsenikhalter i marknivå baserat på en XRF-mätning i respektive provpunkt. XRF-resultaten har kalibrerats mot laboratorieresultaten. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med linjer.



Figur 14. Kopparhalter i marknivå baserat på en XRF-mätning i respektive provpunkt. XRF-resultaten har kalibrerats mot laboratorieresultaten. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med linjer.



Figur 15. Kromhalter i marknivå baserat på en XRF-mätning i respektive provpunkt. XRF-resultaten har kalibrerats mot laboratorieresultaten. LOD-värde för XRF, samt Naturvårdsverkets gränsvärde för MKM är markerade med linjer. Observera att skalan på y-axeln går ända till 100 000 mg/kgTS, till skillnad från övriga figurer där den endast uppnår 10 000 mg/kgTS. Notera också rekordvärdet för XRF i hela undersökningen i punkt 9\_0, som uppgår till 19 608 mg/kgTS.

## 6.2 Zink och kobolt

Förutom arsenik, koppar och krom registrerade XRF-instrumentet förhöjda halter av zink och kobolt i några punkter. På marknivå överskrider MKM-riktvärdena för zink i punkt 9, 10 och 15, samt för kobolt i punkt 3, 4 och 9. Dessutom överskrider riktvärdena för kobolt i punkt 12 och 18, båda på djup 1. Då laboratorieproverna ej analyserades m.a.p. zink och kobolt finns inga siffror att kalibrera XRF-resultaten mot, varför dessa ej bör anses fullt lika säkra som resultaten för CCA, vilka kalibrerats mot laboratorieresultaten. De kan dock utgöra en god fingervisning vid bedömningen av föroreningssituationen. Siffrorna för zink och kobolt bygger precis som för CCA på medelvärden för vardera djup 1, 2 och 3, samt enstaka mätning för marknivå. Resultaten redovisas i bilaga 4b.

## 6.3 Dioxiner

Resultatet från laboratorieanalysen visar uppmätta halter av ett antal olika dioxinföreningar i provpunkt 9:1v (bilaga 5). Genom att multiplicera varje förening med sina respektive TEF-värden och sedan summera resultaten, kan den totala koncentrationen räknas ut (SCOOP, Europakommissionen 2000), vilken kan jämföras mot Naturvårdsverkets riktvärde. Detta är precis vad som gjorts av laboratoriet ALS Scandinavia, som anger den uträknade koncentrationen i två varianter; "lower bound" respektive "upper bound". När lower bound räknats ut har endast de detekterade halterna använts, medan LOD-resultaten minimerats, d.v.s. satts till noll. När upper bound räknats ut har man istället maximerat alla LOD-värden för att få en siffra som visar föroreningsgraden "i värsta fall" (e-post, Johan Nilsson, ALS Scandinavia, 30/9 2009). Upper bound-värdet används i denna rapport för att jämföra mot Naturvårdsverkets riktvärde för MKM.

Resultatet av dioxinanalysen visar att dioxinhalten på området (upper-bound-resultatet i tabell 3) utgör endast en hundradel av MKM-riktvärdet. Då "värsta fall"-siffror använts i beräkningen, kan antagas att den verkliga dioxinhalten sannolikt är ännu lägre.

Tabell 3. Upper-bound-resultatet (d.v.s. resultatet i värsta fall) för dioxinprovet från provpunkt 9:1v, samt Naturvårdsverkets MKM-riktvärde för dioxiner.

	Dioxinhalt (mg/kgTS)
<b>Antal mätningar (n)</b>	1
<b>Upper-bound-resultat</b>	0,00000252
<b>MKM-riktvärde</b>	0,0002

## 6.4 pH och TOC

pH- och TOC-värdena varierar över området (bilaga 6, tabell 4). Inga systematiska skillnader verkar uppvisas, men för att helt säkerställa detta skulle fler och slumpmässigt utvalda punkter behöva analyseras. De uppmätta pH-värdena ligger kring den nivå där tungmetaller och dioxiner generellt är minst rörliga i marken (pH 6-7). När det gäller TOC uppvisas höga värden i framför allt punkt 9:2v och 10:3, vilket innebär att halten organiskt material i marken är extra hög just där.



Tabell 4. Medelvärden, medelfel, samt min- och maxvärde för alla uppmätta pH och TOC-värden på provtagningsområdet. Samtliga uppmätta värden för pH och TOC redovisas i bilaga 6.

	pH	TOC (% av TS)
<b>Antal mätningar (n)</b>	12	12
<b>Medelvärde</b>	6,4	1,6
<b>Medelfel</b>	0,29	0,67
<b>Min-värde</b>	5,3	0,3
<b>Max-värde</b>	8,7	8,6

## 6.5 Betonggrund

XRF-mätningarna som gjordes direkt mot den gröna betonggrunden uppvisar extremt höga värden av CCA (tabell 5). Dessa mätningar gjordes för att konstatera att det faktiskt är impregneringsvätska som runnit över kanten, samt för att kunna avgöra om betonggrunden är så pass förorenad att den behöver avlägsnas från platsen.

Tabell 5. Medelvärden för arsenik, koppar, krom och zink, från de två mätningar som utfördes direkt mot impregneringsanläggningens grönfärgade betonggrund. Resultatet för kobolt understeg LOD-gränsen och visas därför inte i tabellen.

	Arsenik	Koppar	Krom	Zink
<b>Antal mätningar (n)</b>	2	2	2	2
<b>Metallhalt (mg/kgTS)</b>	71 031	25 014	70 737	706

## 7. Diskussion

### 7.1 Liknande undersökningar

I Strömsund utfördes under år 2004 en miljöteknisk markundersökning av Sweco Viak AB, på fastigheten Ymer 6 i anslutning till f.d. Strömsunds Takstolar AB:s impregneringsanläggning. Mätningar med XRF-instrument i anslutning till hyvleriavdelningen indikerade i vissa punkter arsenikhalter upp till 1160 mg/kgTS, kopparhalter upp till 905,6 mg/kgTS, samt kromhalter upp till 483,6 mg/kgTS. Laboratorieanalyser av prover från området uppvisade som mest arsenikhalter på 356 mg/kgTS, kopparhalter på 216 mg/kgTS och kromhalter på 91,3 mg/kgTS (Sweco Viak 2004).

På ”Gamla platsen” strax norr om Värnamo centrum bedrev den tidigare verksamheten L E Svenssons trä impregneringsverksamhet med CCA-medel på 1960- och 70-talet. Under år 2002-2003 har flera undersökningar gjorts på platsen som sammantaget visar att ett ca 200 m<sup>2</sup> stort markområde är förorenat av arsenik, koppar, krom och kadmium. De utifrån laboratorieanalys högsta uppmätta halterna var för arsenik 5500 mg/kgTS, koppar 4000 mg/kgTS, krom 2200 mg/kgTS och kadmium 16 mg/kgTS. Naturvårdsverkets MKM-riktvärde för kadmium är 1 mg/kgTS (Tyréns 2007).

Vid Falla Ångsåg strax utanför Finspång bedrevs impregneringsverksamhet i relativt liten skala på 1960- och 70-talet. Området har delvis sanerats sedan dess, men då föroreningar ändå påvisats i marken genomfördes år 2004 en miljöteknisk markundersökning av Envipro Miljöteknik AB, vid den f.d. impregneringsplatsen på fastigheten Fallasågen 2:1. Som mest uppmättes arsenikhalter till 282 mg/kgTS (Envipro Miljöteknik AB 2004).

På Tväråns såg som ligger på Stallarområdet i Gällivare har impregnering med CCA-medel skett mellan 1950- och 80-talet. I samband med sanering av det ca 2 ha stora området år 2002 uppmättes maximala arsenikhalter på 960 mg/kgTS, i närheten av impregneringsplatsen (Gällivare kommun 2002).

Till följd av träimpregneringsverksamhet under 1940-talet finns idag i Hjäлта i Sollefteå kommun ett ca 5 000 m<sup>2</sup> stort förorenat område på fastigheterna Nässe 1:6 och Nässe 1:11. Enligt en huvudstudie utförd av Grontmij AB, visar laboratorieanalyser från området arsenikhalter på upp till 813 mg/kgTS och zinkhalter på upp till 2240 mg/kgTS (Grontmij AB 2008).

### 7.2 HT:s situation

I jämförelse med ovan nämnda undersökningar kan bedömas att föroreningssituationen på HT, trots mycket höga föroreningshalter i markytan i punkt 9 på upp till 8745 mg/kgTS för arsenik och 9505 mg/kgTS för koppar, på intet sätt är unik. Detta möjligen bortsett från den med XRF uppmätta rekordhalten i samma punkt, som uppgår till otroliga 19 600 mg/kgTS. Värdet innefattar visserligen ett mått av osäkerhet då det ligger långt över kalibreringslinjens högsta värde, samt då det enbart baseras på en mätning och ej är något medelvärde. Trots detta påvisar värdet en extrem punktförorening. Halter i samma storleksordning har dock uppmätts inom länet i Föllinge 1999, där ett grönfärgat jordprov från markytan enligt laboratorieanalys uppvisat kromhalter på 30 800 mg/kgTS och kopparhalter på 22 600 mg/kgTS (e-post Karin Olsson, Länsstyrelsen Jämtlands län, 15/1 2010).

Trots att liknande situationer som HT:s förekommer även på andra ställen, är det ur miljömässig synvinkel givetvis aldrig bra att höga halter av giftiga ämnen uppmäts i ekosystemet. I det här fallet ligger verksamheten också i nära anslutning till ett Natura 2000-område, vilket ytterligare ökar betydelsen av att förhindra föroreningsspridning i naturen. Om föroreningarna gått ner till grundvattnet i punkt 9v, vilket denna undersökning saknar uppgifter om, finns också risken att de följt (eller kommer att följa) med vattnet och nå ut till Kvarnån och Ljusnan.

Grundvattenförekomsten som är lokaliserad i HT:s närområde är ännu en orsak till att förebygga onödigt föroreningsspridning i miljön, särskilt då den har potential för dricksvattenuttag.

Det som är positivt för HT:s område, ur såväl miljömässig som ekonomisk aspekt, är att föroreningarna i övrigt ligger relativt koncentrerade kring impregneringsanläggningen och inte verkar ha spridit sig i särskilt stor omfattning. Det är också mycket positivt att det enstaka provet i punkt 9v inte indikerade några förhöjda dioxinhalter, då dessa är mycket långlivade i naturen. Därmed behöver troligen inte en eventuell sanering bli alltför omfattande, varken area- volyms- eller kostnadsmässigt. Att undgå vidare utredning m.a.p. dioxiner är även det ekonomiskt fördelaktigt, då sådana undersökningar kan bli både komplicerade och mycket dyra.

Den höga halten organiskt material som förekommer i punkt 9 och 10 innebär ett ökat antal komplexbindningar med de föroreningar som finns just där. I punkt 10 har inga förhöjda föroreningshalter uppmäts utom i markytan, men punkt 9v är kraftigast förorenad av alla provpunkter på området, hela vägen ner till en meters djup. Så länge det organiska materialet uppträder i fast form ligger det still i marken, men om det övergår till löst form så blir även dess komplexbundna föroreningar mobila. Föroreningarnas spridningsförutsättningar i marken ökar därmed drastiskt. Att höga föroreningshalter uppmäts ända ner till en meters djup i punkt 9v skulle därmed kunna bero på föroreningstransport i form av lösta organiska komplex. Det kan också tänkas bero på att tillförseln av impregneringsvätska varit som störst i just denna punkt vid den översvämmade betonggrunden, eller en kombination av de båda orsakerna. Det är därför svårt att bedöma med vilken hastighet föroreningarna kommer att sprida sig i fortsättningen.

### 7.3 Åtgärdsförslag

Det första som behöver tas reda på i en fortsatt undersökning, är om föroreningarna har gått ner till grundvattnet i punkt 9v. Har detta skett blir situationen genast mer komplex och även spridningsbilden i grundvattenzonen kommer att behöva utredas för att ta reda på om föroreningarna har nått Kvarnån och Ljusnan. Har detta skett eller är på väg att ske, kan en sanering behöva genomföras relativt omgående för att förhindra ytterligare föroreningsspridning. Det vore också bra att undersöka eventuell sprickförekomst i betonggrunden, för att få en tydligare bild av den sannolika föroreningssituationen i marken under impregneringsanläggningen.

Utifrån spridningsbilden i punkt 9v och den grönfärgade betonggrunden kan likartade förutsättningar antas gälla kring hela impregneringsanläggningen. Ett enkelt och konkret åtgärdsförslag kan därför vara att riva denna del av byggnaden samt gräva bort hela betonggrunden och den omkringliggande förorenade jorden ner till 1-2 meters djup. För att hålla nere både mängden uppgrävda jordmassor och deponeringskostnaderna vore det lämpligt att i samband med grävningen utföra någon form av mätning, till exempel med XRF-instrument, för att kunna skilja på ren och förorenad jord.

En kompletterande åtgärd skulle kunna vara att skrapa bort det översta jordlagret vid upplagsplatserna, för att bli kvitt de föroreningar som påvisats i markytan samt i djup 1 i vissa

punkter. En relativt enkel åtgärd som denna skulle förutom att minska risken för föroreningsspridning i miljön också avsevärt sänka risken för mänsklig exponering genom t.ex direkt intag av jord via munnen (barn), då människor som vistas på området i första hand kommer i kontakt med jorden vid markytan.

## 7.4 Alternativ till deponering

Den uppgrävda jorden behöver behandlas eller ta vägen någonstans. Den absolut vanligaste lösningen på detta problem idag är borttransport och deponering av de förorenade massorna. Metodens popularitet beror kanske på att den ofta verkar enkel och ekonomiskt fördelaktig. Frågan är dock hur bra den står sig i längden, ur ett nationellt och globalt perspektiv. Deponering är i nuläget ett växande problem eftersom det enda som egentligen händer är att miljöproblemet får en geografisk förflyttning (låt vara att det på deponin hamnar under mer kontrollerade former) (Juvonen 2004). Det finns dock andra möjligheter än deponering. Innan beslut tas om lämplig saneringsmetod i HT:s fall kan några förslag att undersöka vara följande metoder:

### • Fysisk stabilisering

Att blanda in ett solidifierande ämne i den förorenade jorden och låta den ligga kvar på området kan vara ett sätt att fastlägga föroreningarna i marken. Den mest använda tillsatsen för stabilisering av detta slag är cement. När cementen stelnar fungerar den fysiskt som ett bindemedel mellan jordpartiklarna, samtidigt som den hårda massans genomsläpplighet och urlakningsförmåga blir mycket låg. I allmänhet minskas också den kemiska lakningsbenägenheten, eftersom cementen bidrar till att pH höjs (Naturvårdsverket 2006 b).

### • Jordtvätt

En etablerad saneringsmetod som används både i Sverige och internationellt för behandling av metallförorenade jordar, är jordtvättning (Naturvårdsverket 2006b). Då föroreningarna ofta sitter bundna till de små jordpartiklarna i marken kan denna finfraktion urskiljas genom tillsats av vatten och olika tvättlösningar innehållande bl.a. tensider. Upplösningen av föroreningarna kan också styras av pH. Förutsatt att den rena massan klarar gränsvärdeskraven kan den sedan föras tillbaka till området, vilket bidrar till att minimera mängden deponeringsmassor (Wise & Trantolo 1994; Sarkar 2002).

### • Fytoremediering

Något som verkar lovande för framtiden är olika varianter av biologisk rening med hjälp av växter, så kallad fytoremediering. Vissa metoder fungerar för oorganiska föroreningar, vilket inkluderar tungmetaller. *Fytostabilisering* är t.ex. en metod där växter planteras för att fastlägga föroreningar i marken. Genom att växterna skyddar mot väder och vind motverkar de erosion och läckage. Stabilisering av föroreningarna sker också genom att de tas upp av eller adsorberas på växtrötterna. *Fytoextraktion* är en annan metod, där växterna tar upp och ackumulerar föroreningar från jorden i rötterna och/eller bladen. När föroreningshalten i jorden blivit tillräckligt låg kan växterna skördas och fraktas från platsen. Biomassan med föroreningar kan sedan brännas för att minska dess volym, varpå resterna med tungmetaller kan deponeras på lämplig plats där de inte utgör ett miljöhot. De stora fördelarna med fytoremediering är att det är både billigt, enkelt och miljövänligt. Svagheter hos metoden anses ofta vara tidsåtgång och effektivitet - det tar tid att odla växter och dessutom kan jorden endast renas till det djup dit växtrötterna når. Ett sätt att hjälpa igång fytoremediering på marknaden kan dock vara att

kombinera metoden med en vinstdrivande verksamhet, t.ex. skogsbruk eller produktion av bioenergi (Robinson m.fl. 2003; Andersson & Svensson 2007).

## **7.5 Felkällor i undersökningen**

Vattenhalten i jordproverna varierade till viss del, dock inte så mycket att detta bedömts påverka resultaten från XRF-mätningarna.

XRF-resultaten antydde att krom verkar finnas i lite av varje. Vid ett par mätningar på den obehandlade (endast hyvlad) träbiten av gran som användes som mätningsunderlag uppvisades till exempel kromhalter kring 170-180 mg/kgTS, alltså överstigande MKM-riktvärdet på 150 mg/kgTS. Detta tolkades dels som att instrumentet visade helt felaktiga värden för krom, dels att det hade en mycket hög detektionsgräns för samma ämne. Dessa antaganden bekräftades i och med kalibreringen av XRF-resultaten mot labb-resultaten, där skillnaden före och efter kalibrering var absolut störst för krom. De korregerade XRF-värdena kan dock inte anses fullt lika trovärdiga för krom som för arsenik och koppar, vilket anges av diagrammens R-värde.

## 8. Riskklassning enligt MIFO-metodiken

En riskklassning enligt MIFO-metodiken gjordes utifrån blankett E i Naturvårdsverkets rapport 4918, "Metodik för Inventering av Förorenade Områden" (bilaga 8). På blanketten sammanvägs aspekter av olika risker. Slutresultatet blir en bedömning av det förorenade området till en riskklass på en skala från 1 till 4, där 1 betyder "mycket stor risk", 2 "stor risk", 3 "måttlig risk" och 4 "liten risk". Riskklassningen kan fungera som en sammanfattning av undersökningens resultat samt underlätta vid jämförelse med andra MIFO-undersökningar.

Utifrån beskrivningen av HT:s område tidigare i rapporten samt resultaten av provtagningen bedöms objektet Härjedalens Träförädling AB till riskklass 2, "stor risk". Motiveringen lyder: De föroreningar som förekommer har hög farlighet och finns punktvis i mycket höga halter. Spridningsförutsättningarna är något osäkra då jorden utgörs av fyllnadsmaterial av blandad karaktär. I nuläget är dock föroreningarna relativt koncentrerade kring impregneringsbyggnaden och har inte spridit sig särskilt långt i ytan. Områdets känslighet och skyddsvärde är inte alltför stort, då det är ett industriområde. Dock ligger ytan helt öppen och åtkomlig för barn, vilket utgör en risk då dessa har en tendens att stoppa jord i munnen direkt från marken. En ytterligare risk, framför allt för de som arbetar på området, kan vara att andas in damm från den förorenade jorden i närheten av impregneringsanläggningen. Ovisshet kvarstår också kring huruvida föroreningarna har nått grundvattnet i punkt 9v. Om så har skett kan det finnas en plym av föroreningar i grundvattnet ner mot Kvarnån. För att förhindra onödigt läckage till naturen och då särskilt Ljusnan som är ett Natura 2000-område, är det viktigt att utreda denna fråga inom en snar framtid.

## 9. Tillkännagivande

Detta examensarbete har varit en spännande resa som bestått av både roliga och svåra partier. Nu i efterhand kan jag se tillbaka och upptäcka hur mycket jag utvecklats och lärt mig under vägen, vilket är värdefullt inför framtiden. Jag vill rikta ett varmt tack till mina handledare; Tord Magnusson på SLU för god vägledning och givande feedback, Maria Ed på Länsstyrelsen för stort engagemang och upplåtande av resurser och Anna Löfholm på Länsstyrelsen för en outhärlig insats i fält. Tack också till Lars Edlund på Sweco i Östersund för tips om ”rätt kontakter”, Ida Dahl på Härjedalens kommun för idén och upprinnelsen till detta examensarbete, Karin Olsson på Länsstyrelsen för bakgrundsinformation och uppmuntrande ord, samt laboratoriepersonalen på ALS Scandinavia, för utförliga svar på mina många frågor. Slutligen ett stort tack till Staffan och Robert Grubb på Härjedalens Träförädling AB, för gott tillmötesgående, samarbete och utsökta luncher! Utan er alla hade jag inte kunnat genomföra detta examensarbete!

/Linda Bylund

## Referenser

### Litterära källor:

Andersson Å., Svensson M. (2007), *Fytoremediering - Att rena mark och vatten med växter*, Ekologiska institutionen, Lunds Universitet

Bergholm J., Dryler K., Svenska Träskyddsinstitutet (1989), *Studier av fixeringen av arsenik i jord samt rörligheten av arsenik, koppar och krom i CCA-förorenade jordar*, Stockholm, Nr 161, ISSN: 0346-7090

Buckley-Golder D., Coleman P., Davies M., King K., Petersen A., Watterson J., Woodfield M. (1999), *Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data, Summary report*, AEA Technology, producerad för European Commission DG Environment UK Department of the Environment Transport and the Regions (DETR)

Envipro Miljöteknik AB (2004), *Miljöteknisk markundersökning av den f d impregneringsplatsen vid Falla Ångsåg, Finspångs kommun*, Linköping

Frankki S., Persson Y., Öberg L., Skyllberg U., Tysklind M., (2007) *Mobility of Chloroaromatic Compounds in Soil: Case Studies of Swedish Chlorophenol-contaminated Sawmill Sites*, Royal Swedish Academy of Sciences

Grontmij AB (2008), *Huvudstudie för ett förorenat område i Hjälta, Sollefteå kommun*, Boden, Uppdragsnr: 4045100

Gällivare kommun (2002), *Sanering av f d Tväråns såg, Slutrapport*, Service- och teknikförvaltningen, Kemiska institutionen och Tekniska högskolan, Umeå Universitet

Juvonen B. (2004), *Marksanering av träimpregneringsanläggningar i Sverige - finns en typisk föroreningsituation och hur saneras den?* Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå, ISSN: 1104-1870

Kartal S.N., Kose C. (2003), *Remediation of CCA-C treated wood using chelating agents*, Springer-Verlag, DOI: 10.1007/s00107-003-0412-7

Kjellin J. (2004), *XRF-analys av förorenad mark - undersökning av felkällor och lämplig provbearbetning*, Uppsala Universitet, UPTec W04 028

Lantmäteriet (2009 a), *Fastighetskartan*

Lantmäteriet (2009 b), *Fastighetsdatasystemet*

Länsstyrelsen Jämtlands län (2008 a), *Bevarandeplan för Natura 2000-område Ljusnan (Hede-Svegssjön) SE0720291*, Dnr: 511-10795-05

Länsstyrelsen Jämtlands län (2008 b), *MIFO-blanketter*

McBride M. B. (1994), *Environmental chemistry of soils*, Oxford University Press Inc., 1994, ISBN: 0-19-507011-9

Nationalencyklopedin (1991), band 5, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs

Nationalencyklopedin (1993), band 11, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs



- Nationalencyklopedin (1996), band 20, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs
- Naturvårdsverket (2002), *Metodik för Inventering av Förorenade Områden, Rapport 4918*
- Naturvårdsverket (2006 a), *Metallers mobilitet i mark, Rapport 5536, bilaga 3: Sammanställning av metallers markkemi*, Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering
- Naturvårdsverket (2006 b), *Åtgärdslösningar - erfarenheter och tillgängliga metoder, rapport 5637*, Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering
- Naturvårdsverket (2008), *Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden, rapport 5859*
- Naturvårdsverket (2009), *Riktvärden för förorenad mark, modellbeskrivning och vägledning, Rapport 5976*
- Robinson B., Fernández J-E., Madejón P., Marañón T., Murillo J. M., Green S., Clothier B., (2003), *Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability*, Kluwer Academic Publishers, Nederländerna
- SCOOP, Europakommissionen (2000), *Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of EU Member States, Reports on tasks for scientific cooperation*, Bryssel
- Sarkar B. (2002), *Heavy metals in the environment*, Marcel Dekker, Inc, New York
- Sweco Viak (2004), *Rapport avseende miljöteknisk markundersökning på fastigheten Ymer 6 i Strömsund*, LVH Hyvleri och Takstolar, Uppdragsnummer 1644034000, Östersund
- Thermo Electron Corporation (2006), *Elemental Limits of Detection in Soils, mg/kg (ppm)*, NITON XLt 792Y Series Instruments3838
- Tyréns (2007), *Huvudstudie-fd LE Svenssons Trä i Värnamo (gamla platsen)*, Uppdragsnummer: 213676
- Wise D. L., Trantolo D. J. (1994), *Remediation of hazardous waste contaminated soils*; Marcel Dekker, Inc, New York

### Internetkällor:

Vattenmyndigheterna, Länsstyrelserna. VISS - VattenInformationSystem Sverige. [Online]  
Tillgänglig på: <<http://www.viss.lst.se/PublicWaterPage.aspxwaterEUID=SE692739-138167>>  
[2010-01-20]

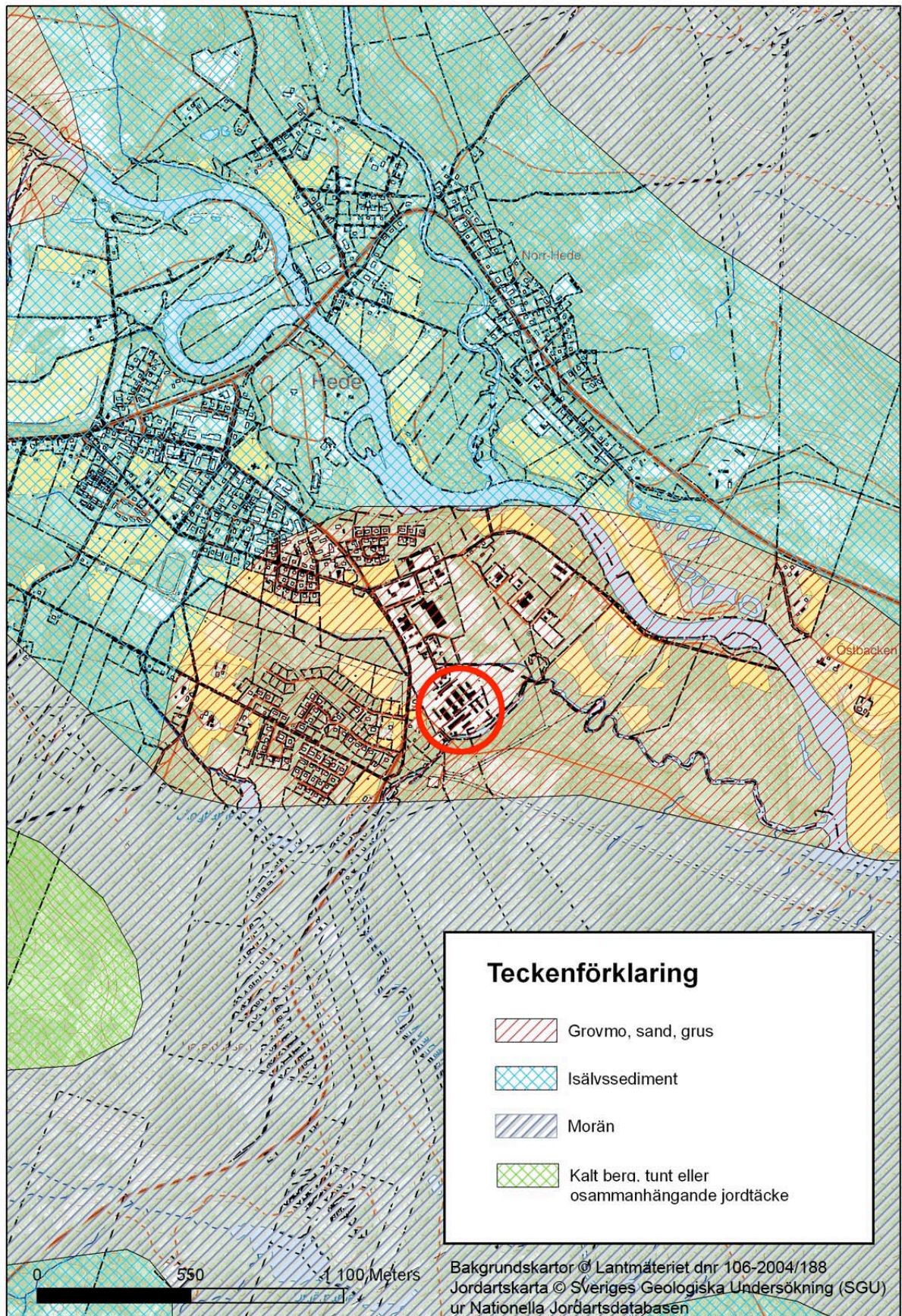
## **Bilagor:**

- 1:** Jordartskarta
- 2:** Karta - Natura 2000-område och grundvattenförekomst
- 3:** Provpunktskarta
- 4a:** Uppmätta halter av tungmetaller (arsenik, koppar och krom)
- 4b:** Uppmätta halter av tungmetaller (zink och kobolt)
- 5:** Uppmätta halter av dioxiner
- 6:** Uppmätta pH- och TOC-värden
- 7:** Resultat förorenad mark
- 8:** Riskbedömning enligt MIFO
- 9:** Bilder på provgropar
- 10:** Okulär beskrivning av provgropar



## Bilaga 1: Jordartskarta

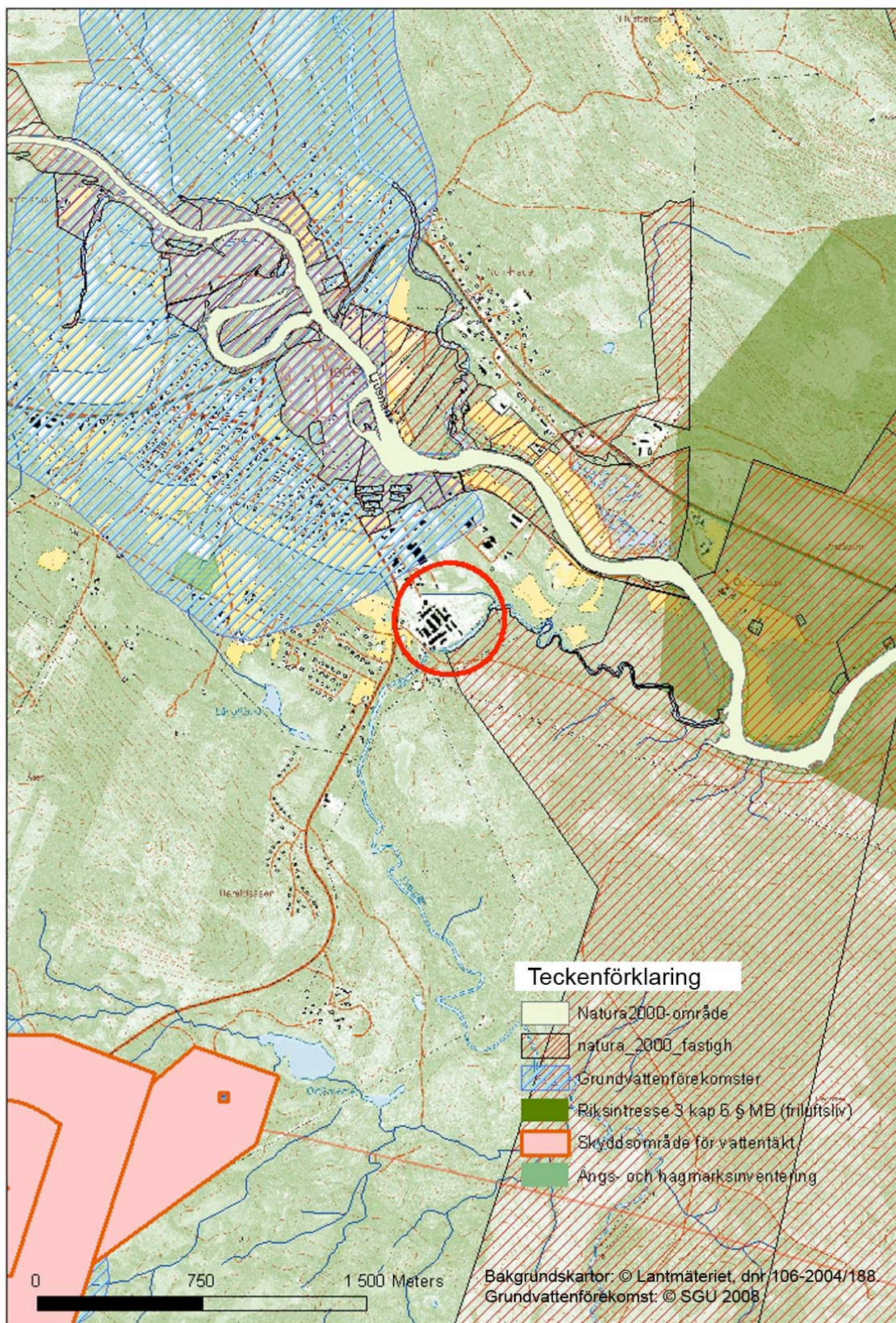
Kartan visar naturliga jordarter vid HT (inringat med rött) och dess närområde.





## Bilaga 2: Karta - Natura 2000-område och grundvattenförekomst

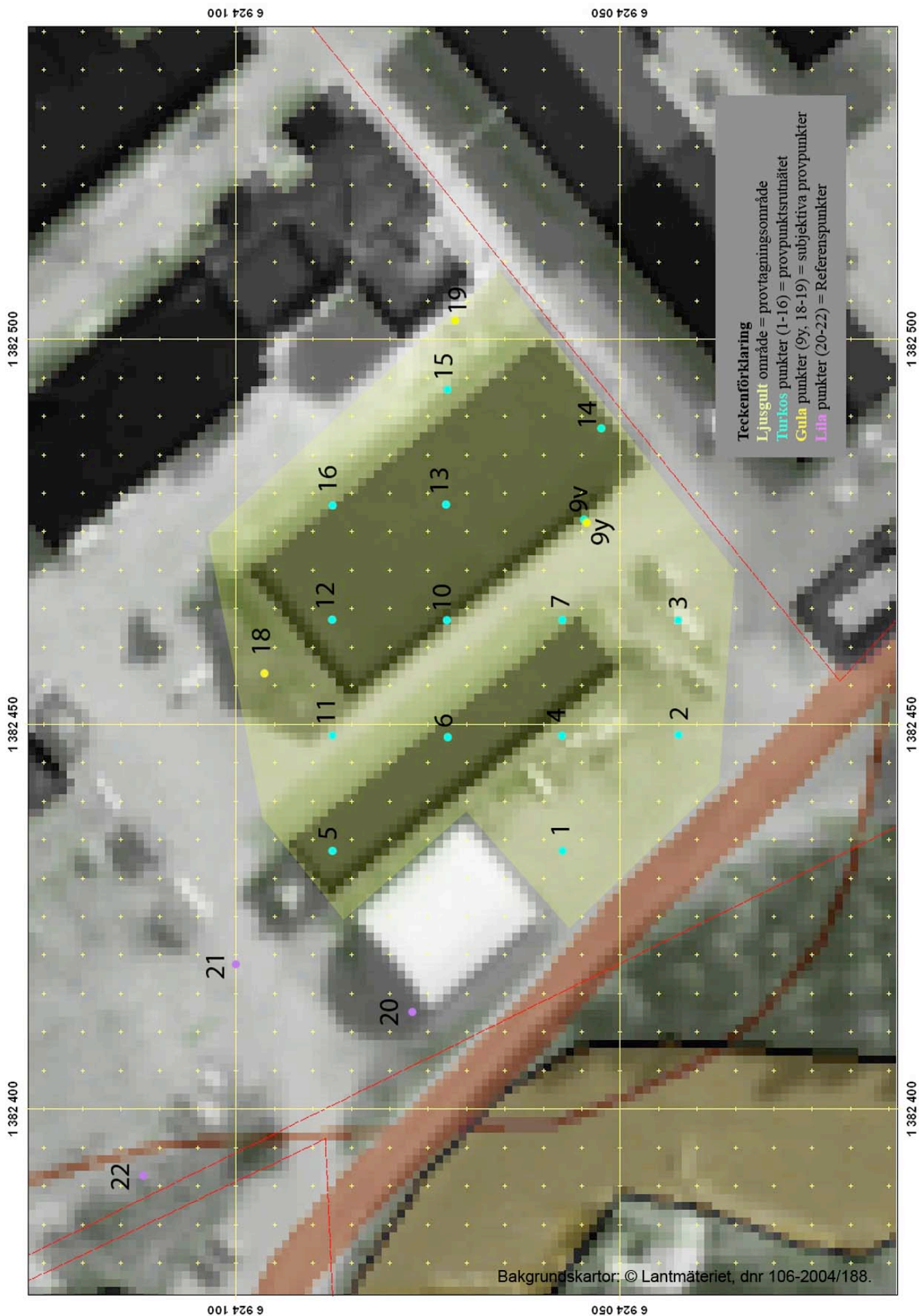
Kartan visar HT:s lokalisering (inringat med rött) i förhållande till Natura 2000-området Ljusnan samt närliggande grundvattenförekomst.





### Bilaga 3: Provpunktskarta

Kartan visar provtagningsområdet och provpunkterna.



**Bilaga 4a:**  
Uppmätta halter av  
tungmetaller (arsenik,  
koppär och krom)

*Fetstil markerar värden som överstiger det aktuella ämnets gränsvärde för MKM. Notera att marknivå-värdena bygger på endast en XRF-mätning, medan övriga XRF-värden är medelvärden av tre mätningar. "XRF korr" har kalibrerats mot laboratoriedata.*

*Provpunkter är markerade med nr 1 – 22, varav 20 – 22 är referenspunkter. Djupnivåer är markerade med 0 – 3, där 0 = marknivå, 1 = 5-10 cm, 2 = 35-40 cm och 3 = 95-100 cm under markytan. "9:1 v" = grop 9 djupnivå 1 vägg, "9:3 y" = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.*

Arsenikhalter marknivå	
MKM = 25 LOD = 9	
Provpunkt	XRF mg/kgTS
1_0	<LOD
2_0	<LOD
3_0	<b>25,60</b>
4_0	<LOD
5_0	<b>33,4</b>
6_0	<LOD
7_0	<b>183</b>
9_0	<b>8745</b>
10_0	<LOD
11_0	<LOD
12_0	19,6
13_0	<LOD
14_0	<b>386</b>
15_0	<LOD
16_0	<LOD
18_0	<LOD
19_0	<b>48,3</b>
20_0	<LOD
21_0	<LOD
22_0	<LOD

Koppärhalter marknivå	
MKM = 200 LOD = 50	
Provpunkt	XRF mg/kgTS
1_0	<LOD
2_0	<LOD
3_0	62,9
4_0	<LOD
5_0	<LOD
6_0	39,6
7_0	125
9_0	<b>9505</b>
10_0	<LOD
11_0	<LOD
12_0	<LOD
13_0	<LOD
14_0	<b>296</b>
15_0	<LOD
16_0	<LOD
18_0	<LOD
19_0	<LOD
20_0	<LOD
21_0	<LOD
22_0	<LOD

Kromhalter marknivå	
MKM = 150 LOD = 60	
Provpunkt	XRF mg/kgTS
1_0	15,7
2_0	13,9
3_0	<b>219</b>
4_0	24,0
5_0	51,8
6_0	<b>619</b>
7_0	<b>523</b>
9_0	<b>19609</b>
10_0	65,5
11_0	24,5
12_0	<b>181</b>
13_0	25,5
14_0	139
15_0	26,2
16_0	140
18_0	26
19_0	<b>616</b>
20_0	34,4
21_0	34,4
22_0	18,3

Arsenikhalter djup 1-3 (MKM = 25)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
	LOD = 3	LOD = 9	LOD = 9
1_1	<LOD	<LOD	<LOD
1_2	---	<LOD	<LOD
1_3	---	<LOD	<LOD
2_1	---	<LOD	<LOD
2_2	<LOD	<LOD	<LOD
2_3	---	<LOD	<LOD
3_1	<b>163</b>	<b>133</b>	<b>197</b>
3_2	3,1	<LOD	<LOD
3_3	3,0	<LOD	<LOD
4_1	---	15,8	<b>26,6</b>
4_2	---	<LOD	<LOD
4_3	<LOD	<LOD	<LOD
5_1	25,7	13,9	23,5
5_2	<LOD	<LOD	<LOD
5_3	---	<LOD	<LOD
6_1	---	9,9	17,1
6_2	---	<LOD	<LOD
6_3	---	<LOD	<LOD
7_1	<b>66,1</b>	<b>47,1</b>	<b>74,0</b>
7_2	---	<LOD	<LOD
7_3	---	<LOD	<LOD

Arsenikhalter djup 1-3 (MKM = 25)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
	LOD = 3	LOD = 9	LOD = 9
9_1v	<b>1320</b>	<b>1029</b>	<b>1340</b>
9_2v	<b>216</b>	<b>145</b>	<b>212</b>
9_3v	<b>603</b>	<b>367</b>	<b>509</b>
9_1y	---	<b>30,7</b>	<b>49,5</b>
9_2y	---	13,1	22,2
9_3y	---	<LOD	<LOD
10_1	---	<LOD	<LOD
10_2	---	<LOD	<LOD
10_3	<LOD	<LOD	<LOD
11_1	---	<LOD	<LOD
11_2	---	<LOD	<LOD
11_3	---	<LOD	<LOD
12_1	<LOD	<LOD	<LOD
12_2	---	<LOD	<LOD
12_3	---	<LOD	<LOD
13_1	<LOD	<LOD	<LOD
13_2	---	<LOD	<LOD
13_3	---	<LOD	<LOD
14_1	---	<LOD	<LOD
14_2	<LOD	8,9	15,5
14_3	---	<LOD	<LOD

Arsenikhalter djup 1-3 (MKM = 25)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
	LOD = 3	LOD = 9	LOD = 9
15_1	3,1	<LOD	<LOD
15_2	---	<LOD	<LOD
15_3	---	<LOD	<LOD
16_1	---	<LOD	<LOD
16_2	---	<LOD	<LOD
16_3	---	<LOD	<LOD
18_1	6,9	<LOD	<LOD
18_2	---	<LOD	<LOD
18_3	---	<LOD	<LOD
19_1	---	<LOD	<LOD
19_2	<LOD	<LOD	<LOD
19_3	---	<LOD	<LOD
20_1	---	<LOD	<LOD
20_2	<LOD	<LOD	<LOD
20_3	---	<LOD	<LOD
21_1	<LOD	<LOD	<LOD
21_2	---	<LOD	<LOD
21_3	---	<LOD	<LOD
22_1	<LOD	<LOD	<LOD
22_2	---	<LOD	<LOD
22_3	---	<LOD	<LOD

Kopparhalter djup 1-3 (MKM = 200)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 50	LOD = 50
1_1	10,3	<LOD	<LOD
1_2	---	<LOD	<LOD
1_3	---	<LOD	<LOD
2_1	---	<LOD	<LOD
2_2	7,8	<LOD	<LOD
2_3	---	<LOD	<LOD
3_1	76,1	83,4	79,9
3_2	6,1	<LOD	<LOD
3_3	8,9	<LOD	<LOD
4_1	---	<LOD	<LOD
4_2	---	<LOD	<LOD
4_3	7,0	<LOD	<LOD
5_1	20,5	<LOD	<LOD
5_2	4,9	<LOD	<LOD
5_3	---	<LOD	<LOD
6_1	---	<LOD	<LOD
6_2	---	<LOD	<LOD
6_3	---	<LOD	<LOD
7_1	35	40,0	36,9
7_2	---	<LOD	<LOD
7_3	---	<LOD	<LOD

Kopparhalter djup 1-3 (MKM = 200)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 50	LOD = 50
9_1v	1200	1141	1259
9_2v	15,5	<LOD	<LOD
9_3v	347	306	314
9_1y	9,4	<LOD	<LOD
9_2y	---	<LOD	<LOD
9_3y	8,5	<LOD	<LOD
10_1	---	<LOD	<LOD
10_2	---	<LOD	<LOD
10_3	0,99	<LOD	<LOD
11_1	---	<LOD	<LOD
11_2	---	<LOD	<LOD
11_3	---	<LOD	<LOD
12_1	6,0	<LOD	<LOD
12_2	---	<LOD	<LOD
12_3	---	<LOD	<LOD
13_1	5,8	<LOD	<LOD
13_2	---	<LOD	<LOD
13_3	---	<LOD	<LOD
14_1	---	<LOD	<LOD
14_2	11,9	<LOD	<LOD
14_3	---	<LOD	<LOD

Kopparhalter djup 1-3 (MKM = 200)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 50	LOD = 50
15_1	16,2	<LOD	<LOD
15_2	---	<LOD	<LOD
15_3	---	<LOD	<LOD
16_1	---	<LOD	<LOD
16_2	---	<LOD	<LOD
16_3	---	<LOD	<LOD
18_1	17,3	<LOD	<LOD
18_2	---	<LOD	<LOD
18_3	---	<LOD	<LOD
19_1	---	<LOD	<LOD
19_2	12,3	<LOD	<LOD
19_3	---	<LOD	<LOD
20_1	---	<LOD	<LOD
20_2	5,9	<LOD	<LOD
20_3	---	<LOD	<LOD
21_1	15,3	<LOD	<LOD
21_2	---	<LOD	<LOD
21_3	---	<LOD	<LOD
22_1	6,1	<LOD	<LOD
22_2	---	<LOD	<LOD
22_3	---	<LOD	<LOD



Kromhalter djup 1-3 (MKM = 150)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 60	LOD = 60
1_1	6,8	<b>153</b>	15,2
1_2	---	<b>165</b>	17,3
1_3	---	149	14,4
2_1	---	146	13,8
2_2	5,2	144	13,4
2_3	---	194	23,2
3_1	42,7	<b>241,0</b>	34,5
3_2	3,8	127	10,7
3_3	3,8	<b>161</b>	16,4
4_1	---	<b>158</b>	16,0
4_2	---	136	12,1
4_3	3,4	<b>167,0</b>	17,6
5_1	18,6	<b>154</b>	15,1
5_2	7,2	<b>196</b>	23,7
5_3	---	<b>211</b>	27,0
6_1	---	128	10,8
6_2	---	137	12,3
6_3	---	<b>155,0</b>	15,4
7_1	19,6	<b>171</b>	18,4
7_2	---	<b>152</b>	14,8
7_3	---	122	10,0

Kromhalter djup 1-3 (MKM = 150)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 60	LOD = 60
9_1v	<b>685</b>	<b>1499</b>	<b>982</b>
9_2v	117	<b>353</b>	69,5
9_3v	<b>331</b>	<b>673</b>	<b>226</b>
9_1y	40,0	<b>197</b>	23,8
9_2y	---	148	14,2
9_3y	11,6	<b>152</b>	14,8
10_1	---	131	11,4
10_2	---	<b>157</b>	15,7
10_3	2,3	117	9,3
11_1	---	147	14,0
11_2	---	129	10,9
11_3	---	134	11,7
12_1	5,3	150	14,4
12_2	---	<b>158</b>	15,9
12_3	---	<b>200</b>	25
13_1	7,5	117	9,3
13_2	---	141	12,90
13_3	---	148	14,2
14_1	---	149	14,3
14_2	4,7	<b>151</b>	14,6
14_3	---	<b>161</b>	16,5

Kromhalter djup 1-3 (MKM = 150)			
Prov-punkt	Labb mg/ kgTS	XRF mg/ kgTS	XRF korr mg/ kgTS
		LOD = 60	LOD = 60
15_1	7,7	147	13,9
15_2	---	<b>152</b>	14,9
15_3	---	147	14,0
16_1	---	129	10,9
16_2	---	<b>171</b>	18,5
16_3	---	<b>157</b>	15,8
18_1	10,6	<b>156</b>	15,5
18_2	---	<b>168</b>	17,9
18_3	---	137	12,2
19_1	---	141	13,0
19_2	3,1	<b>152</b>	14,8
19_3	---	<b>157</b>	15,7
20_1	---	135	12,0
20_2	6,0	149	14,4
20_3	---	148	14,1
21_1	8,5	140	12,8
21_2	---	144	13,4
21_3	---	<b>157</b>	15,8
22_1	6,4	<b>160</b>	16,3
22_2	---	121	9,8
22_3	---	134	11,9

## Bilaga 4b:

### Uppmätta halter av tungmetaller (zink och kobolt)

Fetstil markerar värden som överstiger det aktuella ämnets gränsvärde för MKM. Notera att marknivå-värdena bygger på endast en XRF-mätning, medan övriga XRF-värden är medelvärden av tre XRF-mätningar. Ingen kalibrering mot laboratoriedata har gjorts för dessa tungmetaller.

Zinkhalter marknivå	
MKM = 500 LOD = 24	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
1_0	<LOD
2_0	<LOD
3_0	38,4
4_0	26,5
5_0	153
6_0	151
7_0	167
9_0	<b>2181</b>
10_0	<b>572</b>
11_0	118
12_0	<b>588</b>
13_0	203
14_0	463
15_0	<b>623</b>
16_0	137
18_0	60,0
19_0	<LOD
20_0	<LOD
21_0	112
22_0	<LOD

Provpunkter är markerade med nr 1 – 22, varav 20 – 22 är referenspunkter. Djupnivåer är markerade med 0 – 3, där 0 = marknivå, 1 = 5-10 cm, 2 = 35-40 cm och 3 = 95-100 cm under markytan. "9:1 v" = grop 9 djupnivå 1 vägg, "9:3 y" = grop 9 djupnivå 3 ytterkant.

Kobolthalter marknivå	
MKM = 35 LOD = 150	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
1_0	<LOD
2_0	<LOD
3_0	<b>168</b>
4_0	<b>137</b>
5_0	<LOD
6_0	<LOD
7_0	<LOD
9_0	<b>332</b>
10_0	<LOD
11_0	<LOD
12_0	<LOD
13_0	<LOD
14_0	<LOD
15_0	<LOD
16_0	<LOD
18_0	<LOD
19_0	<LOD
20_0	<LOD
21_0	<LOD
22_0	<LOD

Zinkhalter djup 1-3 (MKM = 500)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 24
1_1	<LOD
1_2	<LOD
1_3	<LOD
2_1	<LOD
2_2	<LOD
2_3	<LOD
3_1	<LOD
3_2	<LOD
3_3	<LOD
4_1	27,2
4_1	<LOD
4_2	<LOD
5_1	76,90
5_2	<LOD
5_3	<LOD
6_1	<LOD
6_2	<LOD
6_3	<LOD
7_1	26,0
7_2	<LOD
7_3	<LOD

Zinkhalter djup 1-3 (MKM = 500)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 24
9_1 v	233,4
9_2v	<LOD
9_3 v	56,6
9_1 y	<LOD
9_2y	<LOD
9_3y	<LOD
10_1	<LOD
10_2	<LOD
10_3	<LOD
11_1	62,1
11_2	<LOD
11_3	<LOD
12_1	<LOD
12_2	<LOD
12_3	<LOD
13_1	<LOD
13_2	<LOD
13_3	<LOD
14_1	<LOD
14_2	<LOD
14_3	<LOD

Zinkhalter djup 1-3 (MKM = 500)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 24
15_1	<LOD
15_2	<LOD
15_3	<LOD
16_1	31,16
16_2	<LOD
16_3	<LOD
18_1	111,2
18_2	<LOD
18_3	<LOD
19_1	<LOD
19_2	<LOD
19_3	<LOD
20_1	<LOD
20_2	<LOD
20_3	<LOD
21_1	41,6
21_2	<LOD
21_3	<LOD
22_1	<LOD
22_2	<LOD
22_3	<LOD

Kobolthalter djup 1-3 (MKM = 35)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 150
1_1	<LOD
1_2	<LOD
1_3	<LOD
2_1	<LOD
2_2	<LOD
2_3	<LOD
3_1	<LOD
3_2	<LOD
3_3	<LOD
4_1	<LOD
4_2	<LOD
4_3	<LOD
5_1	<LOD
5_2	<LOD
5_3	<LOD
6_1	<LOD
6_2	<LOD
6_3	<LOD
7_1	<LOD
7_2	<LOD
7_3	<LOD

Kobolthalter djup 1-3 (MKM = 35)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 150
9_1 v	<LOD
9_2v	<LOD
9_3v	<LOD
9_1 y	<LOD
9_2y	<LOD
9_3y	<LOD
10_1	<LOD
10_2	<LOD
10_3	<LOD
11_1	<LOD
11_2	<LOD
11_3	<LOD
12_1	182
12_2	<LOD
12_3	<LOD
13_1	<LOD
13_2	<LOD
13_3	<LOD
14_1	<LOD
14_2	<LOD
14_3	<LOD

Kobolthalter djup 1-3 (MKM = 35)	
Provpunkt	XRF
	mg/kgTS
	LOD = 150
15_1	<LOD
15_2	<LOD
15_3	<LOD
16_1	<LOD
16_2	<LOD
16_3	<LOD
18_1	204,5
18_2	<LOD
18_3	<LOD
19_1	<LOD
19_2	<LOD
19_3	<LOD
20_1	<LOD
20_2	<LOD
20_3	<LOD
21_1	<LOD
21_2	<LOD
21_3	<LOD
22_1	<LOD
22_2	<LOD
22_3	<LOD

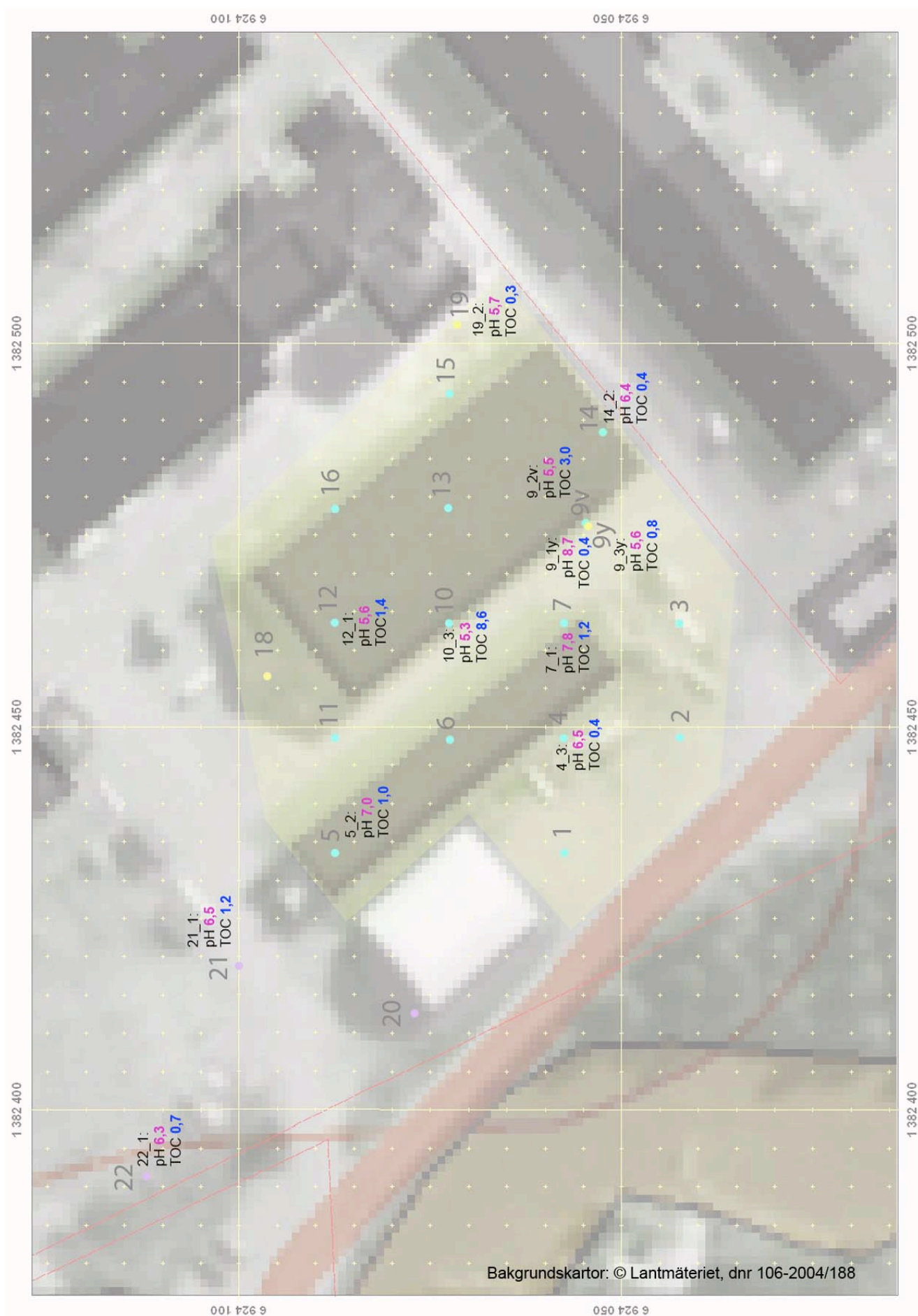
## Bilaga 5: Uppmätta halter av dioxiner

Tabellen visar laboratorieresultatet från dioxinanalysen. Uppmätta halter av olika dioxinämnen avser provpunkt 9:1v. Notera att enheten här anges i nanogram/kgTS, till skillnad från tungmetallerna, där resultaten anges i milligram/kgTS.

Ämne	ng/kgTS
2,3,7,8-tetraCDD	<0,39
1,2,3,7,8-pentaCDD	<0,73
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	<1,3
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	<1,3
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	<1,3
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	2,8
oktaklordibensodioxin	27
2,3,7,8-tetraCDF	<0,4
1,2,3,7,8-pentaCDF	<0,68
2,3,4,7,8-pentaCDF	<0,68
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	1,7
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	<1,4
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	<1,4
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	<1,4
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	10
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	<1,8
oktaklordibensofuran	10

## Bilaga 6: Uppmätta pH- och TOC-värden

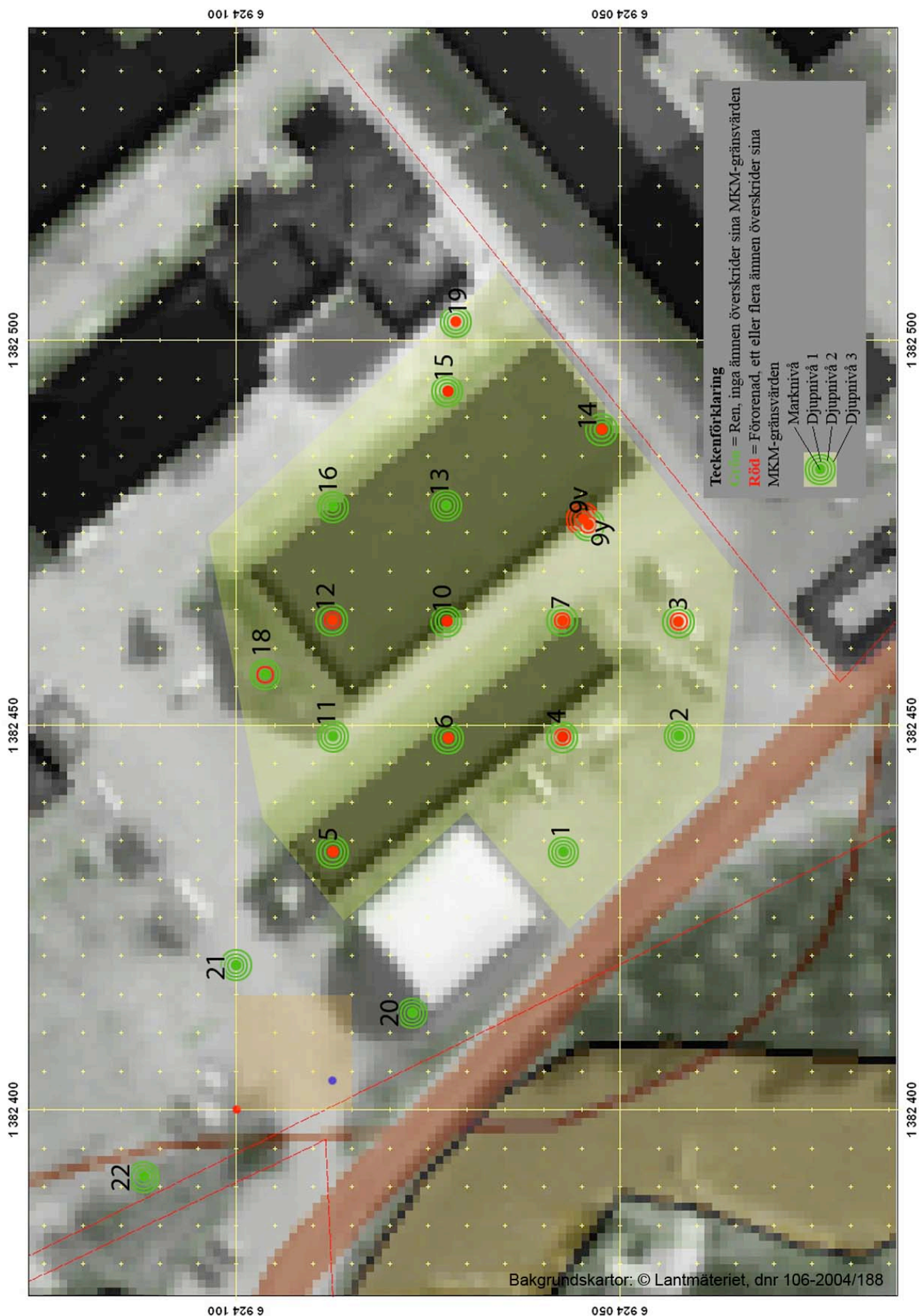
Kartan visar uppmätta pH- och TOC-värden i respektive provpunkt på området.





## Bilaga 7: Resultat förorenad mark

Kartan visar en förenklad bild av den totala föroreningssituationen på HT:s område, för CCA samt zink och kobolt. Röda markeringar representerar överskridna MKM-gränsvärden, men ingen skillnad visas mellan värden strax över gränsen och värden långt över.



## Bilaga 8: Riskbedömning enligt MIFO

Blanketten är hämtad ur Rapport 4918, Metodik för inventering av förorenade områden, Naturvårdsverket 2002.

### BILAGA 7

#### Blankett E: Samlad riskbedömning

Sid 1(2)

Objekt: <b>Härjedalens Träförädling AB</b>	Upprättad (namn, datum): <b>Linda Bylund, 2010 01 20</b>
Id nr:	Reviderad (namn, datum):
Verksamhet/bransch: <b>Träimpregnering</b>	

Markera osäkert dataunderlag med (?)

#### Föroreningarnas farlighet (F)

Skriv ämne/ämnesgrupp i aktuell ruta.

Låg	Måttlig	Hög	Mycket hög
	Zn	Cu, Co	As, Cr, Dioxiner

#### Föroreningsnivå (N)

Visar vilka medier som är förorenade i dag. Från underlagsblankett föroreningsnivå. Skriv ämne/ämnesgrupp i aktuell ruta.

Medium	Liten	Måttlig	Stor	Mycket stor
Byggn/anlägg		Zn		As, Cu, Cr,
Mark	Dioxiner		Zn, Co	As, Cu, Cr
Grundvatten	?	?	?	?
Ytvatten				
Sediment				

#### Spridningsförutsättningar

Från underlagsblankett spridningsförutsättningar. Sätt X eller skriv ämne/ämnesgrupp i aktuell ruta.

Medium	Små	Måttliga	Stora	Mycket stora
Från byggn/ anlägg				
Till byggnader				
I mark o grundvatten		X		
Till ytvatten				
I ytvatten				
I sediment				

#### Känslighet/skyddsvärde (KoS)

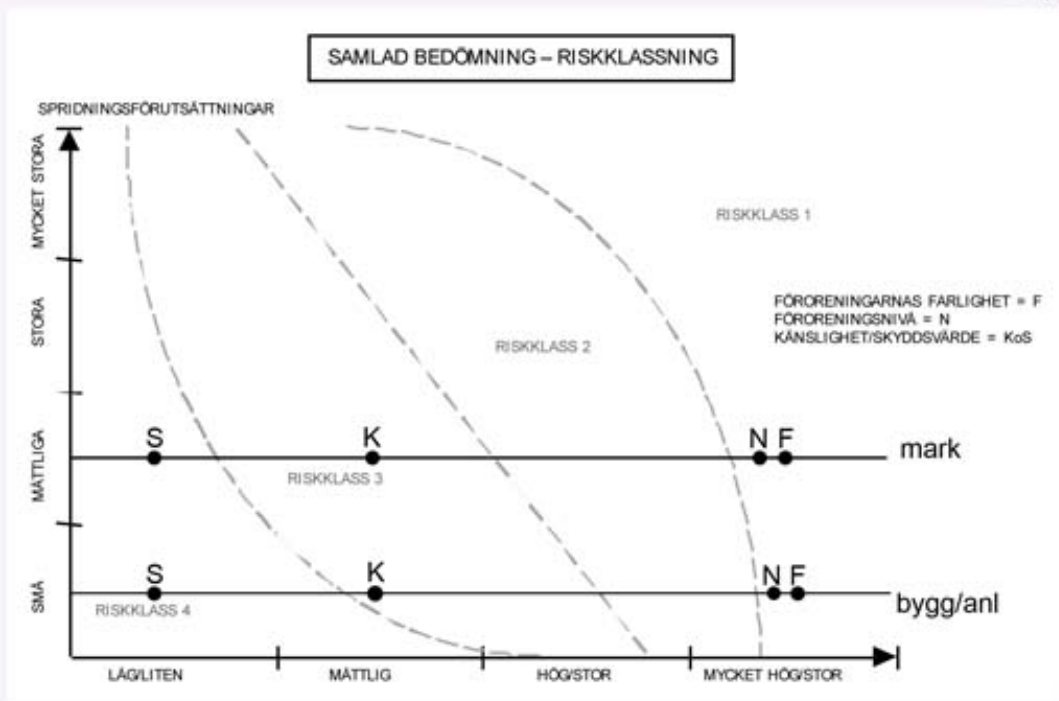
Markera K för känslighet och S för skyddsvärde i aktuell ruta.

	Liten	Måttlig	Stor	Mycket stor
Byggn/anlägg	S	K		
Mark o grundvatten	S (mark)	K S (gv)		
Ytvatten o sediment				

Bedömningen av K/S baseras på markanvändningen: Industriområde.....  
vilken är (sätt kryss) ☒ pågående markanvändning, ☐ framtida markanvändning enligt detaljplan, ☐ framtida markanvändning enligt översiktsplan.

Kort beskrivning av exponeringssituationerna: Området ligger nära permanent bebyggelse, bostäder och skogsområden som nyttjas för rekreation och friluftsliv. Ingen naturlig flora och fauna inom området. Grundvattnets recipient är Kvarnån, som rinner ut i Ljusnan, vilken är klassad som ett Natura 2000 område.





Inventerarens intryck: .....

.....

.....

.....

- Objektet förs till (sätt kryss)
- ☐ riskklass 1 "mycket stor risk"
  - ☒ riskklass 2 "stor risk"
  - ☐ riskklass 3 "måttlig risk"
  - ☐ riskklass 4 "liten risk"

Motivering: Föroreningarna är koncentrerade kring impregneringsbyggnaden. ....

Spridningsförutsättningarna verkar vara relativt små i marken, men då ovisshet kring grundvattensituationen kvarstår, samt med tanke på föroreningarnas höga farlighet och närheten till Ljusnan, bedöms objektet till riskklass 2, "stor risk".

Andra prioriteringsgrunder:

☒ exponering av föroreningar sker i dag, på följande sätt Troligtvis i liten skala, mestadels för de som arbetar på företaget och eventuella besökare, vid närkontakt med golvet i byggnaden eller marken i dess anslutning. Området är dock helt tillgängligt för barn!

Länkar

☐ Det finns andra förorenade områden som hotar samma recipient. Det är .....

.....

☐ Det finns andra förorenade områden som har sitt ursprung i samma verksamhet. Det är .....

.....

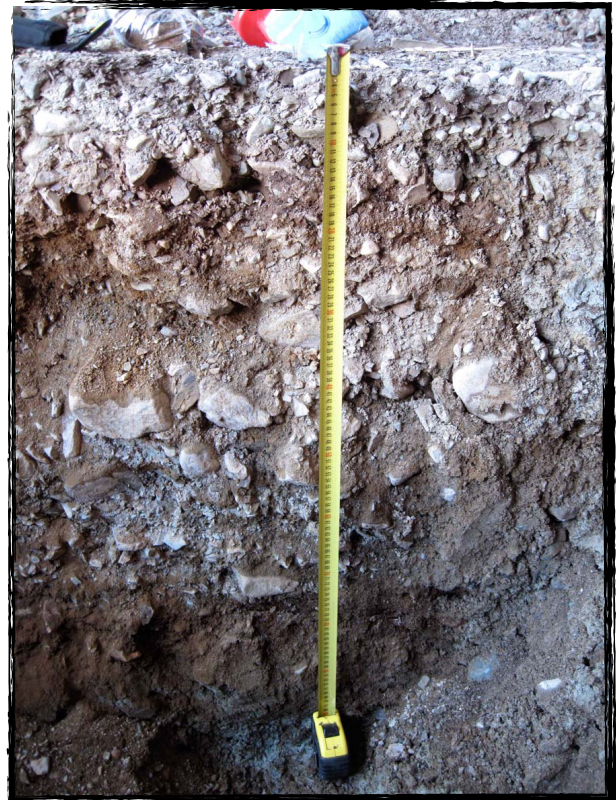


## Bilaga 9: Bilder på provgropar

*Bilderna visar några exempel på hur jordprofilerna i provgroparna kunde se ut.*



Provgrop 1



Provgrop 5



Provgrop 9 vägg



Provgrop 14



## Bilaga 10: Okulär beskrivning av provgropar

*Alla gropar är ca 1 m djupa och består av fyllnadsmaterial av varierande karaktär. Måtten på sten avser diameter.*

**Provgrop 1:** 1 dm lerlager på 25 cm djup. Under det 5 cm organiskt material. Sand, grus, sten blandat i övriga profilen. Rasat från ena sidan.

**Provgrop 2:** Sand, lera, grus, sten < 2 dm, blandat. Rasat in från ena sidan.

**Provgrop 3:** Sand och stenlager blandat. Sten < 4 dm. Rasat mycket.

**Provgrop 4:** Överst organiskt material med rötter (marklagret). Sten < 3 dm, grus, sand blandat. Rasat in mycket.

**Provgrop 5:** Varvade lager sten/grus och sand. Något lerigt bitvis på 2 dm djup. Rasat in från ena sidan.

**Provgrop 6:** Lera, sand, grus, sten, blandade lager. Rasat mycket från ena sidan.

**Provgrop 7:** Asfalt 5 cm över 1/3 av gropen. Översta lagret något lerigt. Sand och stenlager blandat. Stenbumlingar 0,6 m.

**Provgrop 9:**

**9v (gropväggen i linje med impregneringsbyggnadens vägg):** Sand och stenlager blandat. Impregneringsvätska runnit från betonggrunden bredvid. Rasat från ena sidan.

**9y (motsatt gropvägg, ca 1 m ut från impregneringsbyggnaden):** 5 cm grön asfalt. Blandade lager sand och sten < 3 dm. Ett något lerigt lager. Rasat från ena sidan.

**Provgrop 10:** Lerig sand, grus och sten < 2 dm blandat.

**Provgrop 11:** Varvade lager (ganska tydliga) sand och sten/grus. Sten < 1 dm, enstaka 3 dm. Rasat något från ena sidan.

**Provgrop 12:** Sand, grus, sten < 3 dm blandat. Lerlager 1 dm överst. Rasat något.

**Provgrop 13:** Blandade sand- och stenlager. Sten < 2 dm. Översta lagret bitvis lerigt.

**Provgrop 14:** Lera överst 1 dm. Blandmaterial (sand och sten < 2-3 dm) Mjöligen dammig sand. Rasat väldigt mycket.

**Provgrop 15:** Asfalt 5 cm. Varvade lager sand och sten < 2 dm. Rasat mycket.

**Provgrop 16:** Asfalt 5 cm. Varvade lager sand och sten < 2 dm. Rasat mycket.

**Provgrop 18:** Lera, sand, sten, blandade lager. Bitvis ett lager organiskt material på ca 30-40 cm djup. Rasat mycket.

**Provgrop 19:** Asfalt 5 cm. Varvade lager sand, sten < 3 dm. Rasat väldigt mycket. Mer blandmaterial än sand.

**Provgrop 20:** Mycket lera. Blandat/varvat med sand. Inslag av småsten. Knappt rasat in.

**Provgrop 21:** Sten/grus ner till 30 cm. Sedan lera och sand varvat med inslag av sten. Bitvis organiskt material på ca 80 cm djup. Rasat något från ena sidan.

**Provgrop 22:** Mycket lera, varvat/blandat med sand. Inslag av småsten. Ej rasat in. Ett lager organiskt material sneddar ner genom profilen.

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2009:18 Författare: Rose-Marie Kronberg  
Importance of mire plant community composition when estimating ecosystem level methane emission
- 2009:19 Författare: Anna Byström  
Skogsbrukets påverkan på fasta fornlämningar – en analys av skador på fasta fornlämningar i Västernorrlands län där avverkning och markberedning utförts
- 2009:20 Författare: Stefan Ivarsson  
Skogstillstånd och skogshistoria i Tyresta nationalpark – en jämförelse mellan nu och då, Haninge och Tyresö
- 2009:21 Författare: Aida Bargués Tobella  
Water infiltration in the Nyando River basin, Kenya
- 2009:22 Författare: Nils-Olov Eklund  
Moose distribution and browsing close to a feeding station  
-----
- 2010:01 Författare: Aron Sandling  
Distribution and nitrogen fixation of terricolous lichens in a boreal forest fire chronosequence
- 2010:02 Författare: Elin Olofsson  
Variation in protein precipitation and phenolic content within and among species across an elevational gradient in subarctic Sweden
- 2010:03 Författare: Erik Holm  
The effects on DOC export to boreal streams, caused by forestry
- 2010:04 Författare: Tommy Johansson  
Illegal logging in Northwest Russia – Export taxes as a means to prevent illegal operations
- 2010:05 Författare: Emma Tillberg  
Skador orsakade av törskatesvamp på ungskog av tall *Pinus sylvestris* samt förekomst av kovall i hyggesbrända respektive mekaniskt markberedda bestånd
- 2010:06 Författare: Susanne Spreer  
Virkesproduktionen under 80 år i ett fältförsök i Dalarna med olika skogsskötselsystem
- 2010:07 Författare: Lenka Kuglerova  
Effects of forest harvesting on the hydrology of boreal streams: The importance of vegetation for the water balance of a boreal forest
- 2010:08 Författare: Linda Magnusson  
Tillväxt för skogssådd och plantering fram till röjning och första gallring – föryngringsmetodernas potential att uppfylla olika produktionsmål
- 2010:09 Författare: Emma Palmgren  
Hur mycket naturbetesmarker har vi idag? Skattning av areal via nationella, stickprovsbaserade inventeringar samt jämförelse mot befintliga informationskällor
- 2010:10 Författare: Johan Ledin  
Planteringsförbandets betydelse för kvalitetsegenskaper i contortatall (*Pinus contorta* var. *latifolia*)
- 2010:11 Författare: Anna-Maria Rautio  
De norrländska svältsnörena – en skogshistorisk analys av cykelstigsutbyggnaden under 1900-talet

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)